

ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXV.

THE
HISTORY OF
THE
CITY OF
NEW YORK

FROM
1624 TO 1898

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

FÜNFTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

FÜNFTER BAND.

NEBST FÜNF FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1865.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

LEIPZIG

VERLAG VON C. F. W. BOHME

1865

J. C. BOHME

FÖRSTER BAND

MIT 100 TAFELN

LEIPZIG, 1865

VERLAG VON C. F. W. BOHME



ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

HUNDERT FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE ZWEIHUNDERTSTER.

NEBST FÜNF FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1865.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

THE

OF

THE

OF

THE

OF

THE

THE

THE

THE

THE

THE

THE



1865.

ANNALEN

No. 5.

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXV.

**I. Ueber die Diffusion der Wärmestrahlen;
von H. Knoblauch.**

Zweite Abhandlung.

Die unlängst in diesen Annalen, Bd. CXXIII, S. 148 erschienene Abhandlung des Hrn. Dr. Jungk zur Erklärung der Erscheinungen beim Durchgange der Wärmestrahlen durch rauhe und trübe diathermane Körper, welche durch die Güte des Hrn. Verfassers mir vor ihrer Veröffentlichung bekannt wurde, hat mir Anlaß gegeben, meine, im Bande CXX, S. 177 mitgetheilten Versuche über jenen Gegenstand in einzelnen Theilen zu erweitern; und hat Hr. Dr. Jungk zur Bestätigung der von ihm aufgestellten theoretischen Sätze bereits auf das Ergebniss einiger dieser neueren Beobachtungen sich berufen. Es ist jetzt meine Absicht, diese Versuche selbst mitzuthemen und denen, auf welche dort hingewiesen ist, einige andere hinzuzufügen, welche sich mir bei dieser Gelegenheit darbieten.

1. Bekanntlich gehen Strahlen desto weniger durch eine Platte hindurch, je rauher deren Oberfläche ist. Meine frühere Untersuchung hat ergeben, daß diese Verminderung des Durchgangs mit zunehmender Rauheit einer diathermanen Platte für Wärmestrahlen, welche von vielen Punkten nach allen Seiten hin ausgehen, weniger beträgt als für parallele Sonnenstrahlen¹⁾. Diefs führt auf den Gedanken, daß die Entfernung und GröÙe der Wärmequelle, oder

1) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 261.

Poggendorff's Annal. Bd. CXXV.

wenn ein von der Sonne beschienener, die Strahlen zerstreuer Schirm die Stelle derselben vertritt, der Abstand und die Gröfse dieses von bestimmendem *Einfluss auf jenen Durchgang der Wärme durch die ungleich rauhen Platten* sey.

Der directe Nachweis einer Abhängigkeit der Durchstrahlung durch ein- und zweiseitig matte Platten von der Entfernung der Wärmequelle ¹⁾ machte diefs auch in dem vorliegenden Falle um so wahrscheinlicher; auch sprach der Umstand, dafs bei einer früheren Beobachtung die Verschiebung eines ersten rauhen Schirms gegen einen zweiten und die Ausdehnung der bestrahlten Fläche des ersten die Durchstrahlung durch den letzteren, ein- oder zweiseitig matten, nicht merklich verändert hatten ²⁾, nicht dagegen, weil anderweitige Bedingungen diesen Versuch beschränkt hatten ³⁾.

Bei der Wahl der Wärmequelle zwischen Lampen, erhitzten Metallcylindern oder anderen unmittelbar ausstrahlenden Körpern einerseits und in den Gang der Sonnenstrahlen eingeschalteten diffundirenden Schirmen andererseits, entschied ich mich bald für die letzteren. Jene führen so viele Uebelstände durch die steigende und sich ungleichmäfsig vertheilende Temperatur im Experimentirtzimmer, die damit zusammenhängende Ungleichheit in der eigenen Wärme der Thermosäule und der vor ihr in wechselnden Entfernungen aufgestellten diathermanen Platten, die an den letzteren (Steinsalz ausgenommen) jenen Wärmequellen gegenüber stattfindende auswählende Absorption usw. herbei, dafs man sie gern vermeidet. Die den Sonnenstrahlen ausgesetzten diffundirenden Schirme ersparen der Beobachtung nicht allein jene störenden Nebenwirkungen fast ganz, sondern gewähren ihr auch (wie sich im weiteren Verlaufe näher herausstellen wird) z. B. in der Unterscheidung verschiedener Diffusionsgrade der Wärme ver-

1) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 246 ff.

2) Ebendasselbst S. 220, 221.

3) Ebendasselbst S. 252.

breitenden Flächen Vorthelle, welche bei den gewöhnlichen irdischen Wärmequellen zum Theil völlig ausgeschlossen sind.

Mit Lampen, erhitzten Metallcylindern, offenen Gasflammen verschiedener Form und Gröfse usw. habe ich mich daher nur so weit beschäftigt, um in Verbindung mit früheren Erfahrungen die Ueberzeugung zu gewinnen, dafs mit ihnen kein Versuch anzustellen, welcher nicht in den mitzutheilenden enthalten war, bei denen die von der Sonne beschienenen und ihre Strahlen zerstreuenen Schirme die Stelle der Wärmequelle vertreten, und welche demnach als nicht minder allgemein zu betrachten sind.

Zu den zweiten diathermanen Schirmen schien sich aus bekannten Gründen Steinsalz zu empfehlen. Der Umstand indefs, dafs diese Substanz unter dem Einflufs der Feuchtigkeit ihren Hauptvorzug, „athermochroisch“ zu seyn, verlieren kann¹⁾ und somit ein und dasselbe Exemplar während eines längeren Zeitraums ein identisches Verhalten nicht sicher darbietet, es auch nicht immer möglich ist, sich Stücke von gewünschter Ausdehnung zu verschaffen, liefs mich Platten farblosen Glases von verschiedener Rauheit vorziehen; zumal auch bei diesem die einfallenden Strahlen so gewählt werden können, dafs die, verschiedenartiger Wärme gegenüber vorhandene, auswählende Absorption seiner Masse sich nicht auf eine störende Weise geltend macht.

a) Zunächst wurden die von einem Heliostaten reflectirten, unter sich als parallel zu betrachtenden Sonnenstrahlen direct zur Thermosäule gelassen, welche durch einen vor ihr aufgestellten, in ihrer Höhe mit einer kreisrunden Oeffnung von 27 Millimetern Durchmesser versehenen, Metallschirm gegen Nebenstrahlen geschützt war, und so eine Ablenkung z. B. von 20 Graden an dem mit ihr verbundenen Multiplicator hervorgebracht. In den Gang dieser Strahlen schaltete ich der Reihe nach *farblose Gläser*

1) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 282.

von gleicher Masse ein, deren eines seine *polirten* Flächen behalten hatte, das andere auf *einer Seite fein matt*, ein drittes *matt* aber weniger fein, ein viertes auf einer Seite *rauh* geschliffen war, beobachtete den jedesmaligen Rückgang der Galvanometernadel und ermittelte daraus in bekannter Weise ¹⁾ die Wärmemenge, welche von der auf ein Glas auffallenden durch dasselbe hindurchging. Sodann verschaffte ich mir Strahlen, welche, wie bei einer nahen irdischen Wärmequelle, von vielen Punkten sich ausbreiteten, indem ich ein *Milchglas*, dasselbe, welches in der vorigen Abhandlung ²⁾ mit I bezeichnet worden ist, von den Sonnenstrahlen bescheinen liefs. Wieder wurde durch diese divergenten Strahlen eine Abweichung am Thermomultiplicator von 20° bewirkt ³⁾ und die Glasschirme an der nämlichen Stelle wie vorher nach einander vor der Thermosäule aufgestellt.

Um die *Einflüsse der Entfernung und der Gröfse einer und derselben Wärmequelle*, um deren Ermittlung es sich handelte, von einander zu trennen, wurde zuerst, bei constanter beschienener Fläche des Milchglases, der Abstand desselben von der Thermosäule gewechselt; darauf dieser unverändert gelassen und dem bestrahlten Felde eine verschiedene Ausdehnung gegeben. Schliesslich wurde zur Steigerung der Wirkung das Milchglas sowohl näher gerückt, als seine strahlende Fläche erweitert; überdies der Metallschirm mit runder Oeffnung entfernt, damit alle Strahlen sich geltend machen könnten. Jene, vor dem Einschalten der Gläser bei beliebiger Annäherung oder Vergrößerung der Wärmequelle constante Ablenkung am Multiplikator wurde durch einen, in dem stromleitenden Draht angebrachten Reostat erreicht; die wechselnde Gröfse der beschienenen Fläche durch einen Spalt mit Mikrometerschraube, durch welchen die Sonnenstrahlen hindurchgehen mußten, bestimmt.

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXV, S. 170; Bd. XCIII, S. 165, 166.

2) Ebendasselbst Bd. CXX, S. 201 ff.

3) Ebendasselbst Bd. CI, S. 186.

Die folgende Tabelle stellt die Wärmeeintheile dar, welche unter den geschilderten Umständen durch die Gläser hindurchstrahlten, sofern die zu ihnen gelangende Menge mit 100 bezeichnet wird.

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den						
aus dem <i>Milchglase I</i> bei						
Gläser.	directen	33mm Höhe, 7mm Breite, 70cm 15cm Entfernung,		34cm Entfernung, 34mm Höhe, 10mm Breite,		14cm Entfernung, 55mm Höhe, 50mm Breite,
austretenden Sonnenstrahlen.						
klar.	100 : 76	76	76	76,0	76	76
einseitig fein matt.	100 : 64	66	66	66,0	70	73
einseitig matt.	100 : 39	42	44	43,0	46	55
einseitig rauh.	100 : 29	32	34	33,5	39	54

Aus dem Verhalten der directen und der vom Milchglase austretenden Sonnenstrahlen gegen das klare Glas ergibt sich, daß beide in gleichem Grade fähig waren, die Masse desselben zu durchdringen. Treten also bei den matten und rauen Platten Unterschiede auf, so ist dieß nur dem Einfluß der veränderten Oberfläche zuzuschreiben. Eben dieß erkennen zu können, ist immer das klare Glas mit polirter Oberfläche den übrigen hinzugefügt worden.

Die Unterschiede, auf welche es hier ankommt, treten zum Theil noch deutlicher bei einer Reduction hervor, in welcher die für die directen parallelen Sonnenstrahlen gefundenen Werthe gleich 100 gesetzt worden sind.

Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den						
Gläser.	directen	aus dem Milchglase I bei				
		33mm Höhe, 7mm Breite, 70cm 15cm Entfernung,	34cm Entfernung, 34mm 55mm Höhe, Höhe, 10mm 50mm Breite, Breite,		14cm Ent- fernung, 55mm Höhe, 60mm Breite,	
		austretenden Sonnenstrahlen.				
klar.	100	100	100	100	100	100
einseitig fein matt.	100	103	103	103	109	114
einseitig matt.	100	108	113	110	118	141
einseitig rauh.	100	110	117	116	134	186

Es geht aus diesen und den vorigen Zahlen unverkennbar hervor, daß die Annäherung wie die Vergrößerung eines von der Sonne beschienenen diffundirenden Schirms einen verhältnißmäßig reichlicheren Durchgang der Wärmestrahlen durch matte diathermane Körper bedingt und zwar um so mehr, je rauher die Oberfläche der durchstrahlten Platte ist; womit es zusammenhängt, daß die Verminderung des Durchlasses, welche die zunehmende Rauheit einer Platte bewirkt, desto geringer, je näher und ausgedehnter der erste diffundirende Schirm ist¹⁾.

Unter übrigens gleichen Umständen hat auch die Beschaffenheit dieses ersten Schirms an der besprochenen Erscheinung wesentlichen Antheil. Ein in der ersten Abhandlung mit II bezeichnetes Milchglas²⁾ unterschied sich, einer besonderen Ermittlung zufolge³⁾, von dem vorigen No. I dadurch, daß es weniger diffundirend wirkt als dieses. Wurden beide nach einander als erste Schirme in wech-

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 155.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 201 ff.

3) Ebendasselbst S. 202 bis 204, (208, 209).

selnder Entfernung: 24^{cm} und 8^{cm} von der Säule, und Größe: 27^{mm} Höhe, 27^{mm} Breite und 35^{mm} Höhe, 68^{mm} Breite angewandt, so wurden von Glasplatten, deren Oberflächen ebenfalls große Unterschiede darboten, die nachstehenden Mengen hindurchgelassen, wenn, wie in dem vorigen Falle, die zu ihnen gelangende Wärme jedesmal gleich 100 angenommen wird.

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, bei den						Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den					
Gläser.	aus dem <i>Milchglase</i>					aus dem <i>Milchglase</i>					
	di- rec- ten	No. II		No. I		di- rec- ten	No. II		No. I		
		fern und klein,	nah und groß,	fern und klein,	nah und groß,		fern und klein,	nah und groß,			
		austretenden Sonnenstrahlen.					austretenden Sonnenstrahlen.				
klar.	100 : 72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	100	100	100	100	100	
einseitig sehr fein matt.	100 : 59,8	65,5	66,4	65,5	67,3	100	110	111	110	113	
einseitig grob- rauh.	100 : 34,5	41,6	46,9	42,5	52,2	100	121	136	123	151	

Aus dem Vergleich der den beiden *Milchgläsern* zugehörigen Werthe erhellt, daß bei gleicher Annäherung und gleicher Vergrößerung das diffundirendere (No. I) den Wärmedurchgang durch die matten diathermanen Platten mehr steigert, als das minder zerstreuende (No. II).

Wurden an erster Stelle: das *Milchglas II* und geöltes Papier und an zweiter: *zweiseitig mattes* und *zweiseitig rauhes Glas* gewählt, so ergaben sich für 25^{cm} Abstand, bei 27^{mm} Höhe, 27^{mm} Breite und 8^{cm} Entfernung, bei 35^{mm} Höhe, 65^{mm} Breite jener als Wärmequellen dienender Schirme folgende Durchstrahlungen durch die zweiten:

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, bei den					Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den				
	aus dem					aus dem				
	di- rec- ten	Milchglase No. II		geölten Papier		di- rec- ten	Milchglase No. II		geölten Papier	
		fern und klein,	nah und groß,	fern und klein,	nah und groß,		fern und klein,	nah und groß,	fern und klein,	nah und groß,
		austretenden Sonnenstrahlen.					austretenden Sonnenstrahlen.			
klar.	100: 71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	100	100	100	100	100
zweiseitig matt.	100: 44,5	47,5	51,0	50,0	53,5	100	107	115	112	120
zweiseitig rauh.	100: 36,5	40,0	46,5	41,0	48,0	100	110	127	112	132

Nach dieser Bestätigung unterliegt es nicht dem geringsten Zweifel, daß *ganz allgemein die Verminderung der Entfernung wie die Vermehrung der Oberfläche einer Wärmequelle die Durchstrahlung durch rauhe diathermane Körper, bei gleicher zu ihrer Vorderfläche gelangender Wärme, begünstigt und daß der, diese Durchstrahlung beeinträchtigende Einfluss zunehmender Rauheit desto weniger sich geltend macht, je näher und größer die Wärmequelle¹⁾. Eine Steigerung des Zerstreuungsvermögens vertritt bei einer diffundirenden Fläche die Stelle der Annäherung²⁾.*

b) Werden die Sonnenstrahlen, anstatt von einem diathermanen diffundirenden Schirm hindurchgelassen, von einem adiathermanen zurückgeworfen, so würden die entsprechenden Fragen sich auf *Abstand und Ausdehnung der diffus reflectirenden Fläche* beziehen. Den Vergleich mit den parallelen Strahlen erhält man alsdann am besten, wenn man die von einer polirten Oberfläche zurückgeworfenen

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 153.

2) Eine milchige Bedeckung des Himmels würde für die Durchstrahlungserscheinungen die Wirkung eines Näherrückens der Sonne haben.

untersucht, in welchem Falle die Anordnung der Apparate unverändert bleibt und daher sichrere Resultate liefert als die, eine Umstellung derselben bedingende, Beobachtung der directen, d. h. der vom Heliostaten in das finstere Zimmer eintretenden Sonnenstrahlen.

Zunächst wurde die Größe einer beschienenen rauhen Goldfläche constant gelassen und nur die Entfernung derselben von der Thermosäule geändert ¹⁾. Es zeigten sich alsdann folgende, auf eine gleiche einfallende Wärmemenge bezogene Durchgänge durch klares, *einseitig mattes* und *einseitig rauhes Glas*, welches letztere jedoch dünner und von hellerer Glassorte war, als das andere:

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, nach der Reflexion von <i>Gold</i> bei				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von <i>Gold</i> bei			
	polirter	rauh. Oberfläche, 50 ^{mm} Höhe, 45 ^{mm} Breite 45 ^{cm} 15 ^{cm} 10 ^{cm} Entfernung.			polirter	rauh. Oberfläche, 50 ^{mm} Höhe, 45 ^{mm} Breite, 45 ^{cm} 15 ^{cm} 10 ^{cm} Entfernung.		
klar.	100 : 74	74	74	74	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 50	56	65	69	100	112	130	138
einseitig rauh.	100 : 56	65	79	87	100	116	141	155

Bei gleichbleibender Entfernung und wechselnder Größe der reflectirenden Fläche ergab sich für *einseitig mattes* und *zweiseitig rauhes Glas* von gleicher Dicke und Masse:

- 1) Gemessen wurde der Abstand der Mitte des von der Sonne bestrahlten Feldes bis zur Vorderfläche der Thermosäule.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Ther- mosäule gelangten, nach der Reflexion von Gold bei			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durch- strahlen, nach der Reflexion von Gold bei		
	polirter	rauh. Oberfläche, 12cm Entfernung,		polirter	rauh. Oberfläche, 12cm Entfernung,	
		33mm	33mm		33mm	33mm
		Höhe, 12mm Breite.	Höhe, 70mm Breite.		Höhe, 12mm Breite.	Höhe, 70mm Breite.
klar.	100 : 74	74	74	100	100	100
einseitig matt.	100 : 56	58	64	100	104	114
zweiseitig rauh.	100 : 32	42	49	100	131	153

Wurden *gleichzeitig* der *Abstand* und die *Ausdehnung* des zurückstrahlenden Feldes in sich unterstützender Weise geändert, so gingen durch die nämlichen rauen Gläser die nachstehenden Wärmeanteile hindurch.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Ther- mosäule gelangten, nach der Reflexion von Gold bei			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durch- strahlen, nach der Reflexion von Gold bei		
	polirter	rauh. Oberfläche, 45cm 10cm Entfernung,		polirter	rauh. Oberfläche, 45cm 10cm Entfernung,	
		33mm	33mm		33mm	33mm
		Höhe, 35mm Breite.	Höhe, 70mm Breite.		Höhe, 35mm Breite.	Höhe, 70mm Breite.
klar.	100 : 74,0	74,0	74	100	100	100
einseitig matt.	100 : 49,5	62,5	64	100	126	129
zweiseitig rauh.	100 : 23,5	40,5	43	100	172	183

Aus diesen Resultaten ist unmittelbar ersichtlich, wie das *Nähern* und *Vergrößern* der *diffus reflectirenden Fläche*, ohne *Einfluss* auf die *Durchstrahlung* der klaren Platte, eine

Steigerung des Wärmedurchgangs durch die rauhen diathermanen Schirme zur Folge hat¹⁾ und wie diese Steigerung mit der Rauheit der letzteren zunimmt.

2. In einer früheren Untersuchung²⁾ ist der Einfluss ermittelt worden, welchen bei verschiedenen rauhen diathermanen Schirmen die *Neigung* derselben auf den Grad der Zerstreuung der durch sie hindurchgehenden Strahlen ausübt und hat sich bei dieser Gelegenheit, als die Durchstrahlung der Wärme durch eine zweite raue Platte der Beantwortung jener Frage zu Grunde gelegt wurde, gezeigt, daß eine *Verkleinerung des Winkels*, welchen der Schirm mit den parallelen Sonnenstrahlen bildet, wenn die Neigung überhaupt einen Einfluss hat, stets den *Durchgang der Strahlen durch die zweite raue Platte verbessert*.

Verfolgt man diesen Vorgang, namentlich von dem Gesichtspunkte der sinnreichen Erklärungsweise des Hrn. Dr. Jungk weiter, so bietet sich die Frage dar, ob jene *Verbesserung ein Maximum* erreicht und ob der *Winkel*, bei dem dasselbe auftritt, in nachweisbarem *Zusammenhange mit der Rauheit des geneigten Schirmes* steht.

Die Versuche wurden mit *polirtem* und vier einseitig rauhen *Gläsern*, von denen das eine *sehr fein matt*, das andere *weniger fein*, das dritte gewöhnlich *matt*, das vierte *rauh geschliffen* war, als ersten und *klarem, einseitig mattem* und *zweiseitig mattem Glase* als zweiten Schirmen angestellt. Geht man in allmähigem Uebergange durch wenig von einander abstehende Neigungswinkel hindurch, so lassen sich nicht alle Beobachtungen an einem Tage beenden und sind daher häufige Wiederholungen zur Zusammenstellung einer Reihe mit der andern erforderlich. Aus allen diesen Ergebnissen sind in der folgenden Tafel diejenigen hervorgehoben, welche für die vorliegende Aufgabe als charakteristisch und theils durch unmittelbaren Anschluß der Beobachtungen, theils durch Reduction der gefundenen Werthe auf einander als vergleichbar erscheinen.

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 155.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 264 bis 267.

Gläser.	Verhältnis der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus					Verhältnis der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus				
	austretenden Sonnenstrahlen.					austretenden Sonnenstrahlen.				
	klarem 90°	90°	50°	30°	10°	klarem 90°	90°	50°	30°	10°
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	50,0	52,5	53,0	54,0	100	133	140	141	144
zweiseitig matt.	100 : 24,5	33,5	38,3	39,0	41,0	100	137	156	159	167

Gläser.	Verhältnis der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus					Verhältnis der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus				
	austretenden Sonnenstrahlen.					austretenden Sonnenstrahlen.				
	klarem 90°	90°	50°	30°	10°	klarem 90°	90°	50°	30°	10°
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	54,0	55,0	56,0	56,0	100	144	147	149	149
zweiseitig matt.	100 : 24,5	39,0	41,5	42,5	42,5	100	159	169	173	173

zweiseitig matt. 100 : 24,5 39,0 41,5 42,5 42,5 100 159 169 173 173

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermoäule gelangen, bei den aus					Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus				
	klarem	90°	80°	40°	30°	klarem	90°	80°	40°	30°
			mattem Glase unter austretenden Sonnenstrahlen.					mattem Glase unter austretenden Sonnenstrahlen.		
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	56,0	56,0	56,0	56,0	100	149	149	149	149
zweiseitig matt.	100 : 24,5	46,0	46,0	46,0	46,0	100	188	188	188	188

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermoäule gelangen, bei den aus					Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus					
	klarem	90°	70°	50°	30°	klarem	90°	70°	50°	30°	
			rauhem Glase unter austretenden Sonnenstrahlen.					rauhem Glase unter austretenden Sonnenstrahlen.			
Klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100	100	
einseitig matt.	100 : 37,5	57,5	57,5	57,5	57,5	100	153	153	153	153	
zweiseitig matt.	100 : 24,5	49,0	49,0	49,0	49,0	100	200	200	200	200	

Hiernach setzt sich die Steigerung der Durchstrahlung durch das einseitig und das zweiseitig matte Glas, bei stets gleicher zu ihnen gelangender Wärmemenge, unter Anwendung des sehr fein matten Glases so weit fort, als die Beobachtung reicht und bei 10° Neigung desselben gegen die einfallenden Sonnenstrahlen ist sie noch nicht in ihr Maximum getreten, für das weniger fein matte findet bei einer Verkleinerung dieses Winkels unter 30° keine weitere Erhöhung des Durchgangs statt, bei dem gewöhnlich matten und rauhen Glase ist das Maximum bei 90° bereits erreicht.

Beim Neigen einer, zuerst senkrecht gegen die Wärmestrahlen gerichteten, rauhen diathermanen Platte ist demnach der Winkel, welchen die letztere mit den Strahlen in dem Augenblick einschließt, da das Maximum der Durchstrahlung durch einen zweiten rauhen Schirm eintritt, desto kleiner, je geringer die Rauheit der ersten Platte ist. Der absolute Werth jenes Maximums nimmt bei einseitig rauhen Platten mit der Rauheit derselben zu¹⁾.

3. Schaltet man zwei matte Flächen in den Gang der Wärmestrahlen ein, so entsteht die Frage, wie ihr wechselseitiger Abstand auf die Durchstrahlungsverhältnisse einwirkt. Es sind hier drei Fälle zu unterscheiden, indem entweder die der Säule oder die der Wärmequelle zunächst befindliche Fläche ihre Stelle behalten und die andere verschoben werden kann, oder indem beide der Art gerückt werden, daß nur die Mitte zwischen ihnen einen unveränderten Ort behauptet. Zwei identische Glasplatten wurden auf einer Seite auf gleiche Weise matt geschliffen und zwischen dem, die Menge der Sonnenstrahlen regelnden, Spalt und der Thermosäule so eingeschaltet, daß ihre Entfernung von einander der Reihe nach 10, 110 und 210^{mm} betrug. Die Beobachtung erfordert die äußerste Vorsicht, indem z. B. die eigene Wärme der Schirme bei deren wechselndem Abstände von der Säule in ungleicher Weise sich geltend macht und, zur Ermittlung der hindurchgestrahlten, in möglichster Genauigkeit von der Gesamtwirkung

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 156.

in Abzug zu bringen ist. Jede Versäumnis führt unfehlbar zu Irrthümern und bedurfte ich einer längeren Versuchsreihe, um mir hinreichende Sicherheit zu verschaffen. Die Durchgänge durch beide Platten sind wieder auf eine gleich 100 gesetzte, zur ersten gelangende Wärmemenge bezogen worden.

Zwei matte Glas- flächen, von ein- ander entfernt	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, wenn von den matten Flächen			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durch- strahlen, wenn von den matten Flächen		
	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche
	unverrückt gelassen wird.			unverrückt gelassen wird.		
10mm	100 : 25,0	6,5	1,76	385	100	27
110mm	100 : 12,0	6,5	3,10	185	100	48
210mm	100 : 6,5	6,5	6,50	100	100	100

Das Entfernen zweier diathermaner matter Flächen von einander bewirkt also eine Verminderung der Durchstrahlung, wenn bei constantem Abstände der einen, die andere von der Thermosäule abgerückt wird¹⁾; dasselbe übt keinen Einfluss, wenn dabei die eine um ebenso viel genähert, wie die andere entfernt wird; es hat endlich eine Erhöhung des Wärmedurchlasses zur Folge, wenn diese unverändert stehen bleibt, während jene der Thermosäule näher rückt.

Dafs die matten Flächen in der That als gleichartig zu betrachten waren, geht daraus hervor, dafs ein Vertauschen der beiden Glasplatten (deren raue Seiten stets von einander abgewandt waren) keine Aenderung in der Angabe des Thermoskops herbeiführte. Wurden sie einzeln an verschiedenen Stellen der Bahn eingeschaltet, so erhielt man bei demselben Abstände von der Säule für jeden Schirm stets die nämliche (im Vergleich mit der vorigen erhöhte) Durchstrahlung der Wärme.

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 152.

Die Constanz der Wirkung bei unveränderter Mitte der von einander sich entfernenden Gläser wurde, auch dadurch im Einzelnen erläutert, daß, bei feststehendem einen Glase, das Weiterrücken des andern den Durchgang in demselben Verhältniß verminderte, wie, bei ungeänderter Stellung des letzteren, das entsprechende Annähern des ersten ihn vermehrte. Innerhalb der Gränzen der angestellten Versuche wenigstens war kein über die Beobachtungsfehler hinausgehender Unterschied festzustellen¹⁾.

Gegenversuche, welche zur Controle der Abwesenheit aller störenden Nebenwirkungen mit *zwei klaren farblosen Glasplatten* angestellt wurden, bestätigten die Erwartung, daß ihr *wechselseitiger Abstand ohne allen Einfluss auf die durch sie hindurchgehende Wärmemenge* war.

Es war von Interesse, den obigen Vorgang wie bei parallelen, so auch bei *zerstreuten Wärmestrahlen* kennen zu lernen. Diese Zerstreuung wurde durch das *Milchglas No. I* bewirkt, nach dessen Durchstrahlung die Wärme dieselbe Ablenkung am Thermomultiplicator hervorbrachte, wie vorher durch die parallelen Sonnenstrahlen, ehe die beiden einseitig matten Glasplatten an den nämlichen Stellen wie zuvor eingeschaltet wurden. Die Beobachtung ergab:

Zwei matte Glas- flächen, von ein- ander entfernt	Verhältniß der Wärmemengen, welche aus dem <i>Milchglase I</i> austretend vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, wenn von den matten Flächen			Verhältniß der Wärmemengen, welche aus dem <i>Milchglase I</i> austretend die Gläser durch- strahlen, wenn von den matten Flächen		
	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche
	unverrückt gelassen wird.			unverrückt gelassen wird.		
10mm	100 : 37,5	19,5	10,0	192	100	51
110mm	100 : 23,0	19,5	12,5	118	100	64
210mm	100 : 19,5	19,5	19,5	100	100	100

1) Daß eine solche Compensation bei feststehender Mitte streng genommen ganz allgemein sich vollziehen sollte, ist nicht anzunehmen.

Es erhellt hieraus 1) *dafs sämtliche entsprechende Durchgänge der von vielen Punkten aus zerstreuten Wärmestrahlen durch die nämlichen beiden matten Schirme reichlicher sind als die der parallelen*; 2) *dafs die mit zunehmendem Abstände der matten Flächen in der ersten Gruppe auftretende Verminderung, wie die in der letzten wahrgenommene Steigerung weniger beträgt als bei den directen Sonnenstrahlen.*

Dort liegen die Werthe zwischen 1,76 und 25, hier zwischen 10 und 37,5; dort ändern sie sich in der ersten und letzten Rubrik in dem Verhältnifs von etwa 4 : 1, hier von 2 : 1.

Werden die *Entfernung* und *Gröfse der Wärmequelle* (z. B. des ihre Stelle vertretenden diffundirenden Milchglases) einzeln oder beide gleichzeitig geändert, so zeigen sich beim *Annähern* wie beim *Vergrößern derselben Uebergänge, welche ganz denen entsprechen, die so eben bei dem Vergleich der parallelen und der zerstreuten Wärmestrahlen sich herausgestellt haben.*

4. Treten an Stelle der zwei gleichen, *zwei ungleiche matte Flächen*, so gestalten sich die Verhältnisse viel mannigfaltiger. Ich combinirte zunächst zwei *Gläser*, deren eines auf einer Seite *fein matt*, das andere, wie die vorigen, gewöhnlich *matt* geschliffen war, schaltete sie, in denselben Abständen wie zuvor, in den Gang der directen Sonnenstrahlen ein und vertauschte sie sodann mit einander. Darauf verband ich in gleicher Weise das *fein matt* geschliffene mit einem einseitig *rauen* und liefs auch diese ihre Stellen wechseln. Die Ergebnisse waren:

Zwei un- gleich matte Glasflä- chen, von einander entfernt	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangen, die Gläser durchstrahlen,					
	sofern von den matten Flächen					
	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche
	unverrückt gelassen wird, wenn die <i>fein matte Fläche der Säule, die matte der Wärmequelle zunächst stand:</i>					
10mm	100 : 34,9	11,3	5,7	529	171	86
110mm	100 : 12,3	9,4	6,0	186	142	91
210mm	100 : 6,6	6,6	6,6	100	100	100
wenn die <i>matte Fläche der Säule, die fein matte der Wärmequelle zunächst stand:</i>						
10mm	100 : 39,6	12,1	6,0	190	58	29
110mm	100 : 28,3	16,0	9,8	136	77	47
210mm	100 : 20,8	20,8	20,8	100	100	100
wenn die <i>fein matte Fläche der Säule, die rauhe der Wärmequelle zunächst stand:</i>						
10mm	100 : 28,3	7,5	2,8	745	197	74
110mm	100 : 9,4	5,7	3,2	247	150	84
210mm	100 : 3,8	3,8	3,8	100	100	100
wenn die <i>rauhe Fläche der Säule, die fein matte der Wärmequelle zunächst stand:</i>						
10mm	100 : 36,8	8,5	3,2	195	45	17
110mm	100 : 26,4	11,7	6,8	140	62	36
210mm	100 : 18,9	18,9	18,9	100	100	100

1) Innerhalb jeder dieser Gruppen führt, wie vorher bei den gleichartig matten Schirmen, das Entfernen der zweiten von der feststehenden ersten rauhen Fläche eine Verminderung, das, mit einer Annäherung an das Thermoskop verbundene, Entfernen der ersten von der feststehenden zweiten eine Vermehrung des Wärmedurchgangs herbei. Das Festhalten der Mitte beim Auseinanderrücken der beiden

verschiedenen Platten hat aber, wie vorherzusehen, nicht, wie dort, einen constanten, sondern bald einen geringeren, bald einen größeren Durchlaß zur Folge, je nachdem dabei die weniger matte Fläche der Säule zu- und die rauhere abgerückt wird oder umgekehrt.

2) Beim Vertauschen der ungleich matten Schirme findet in sämtlichen einander entsprechenden Fällen eine reichlichere Durchstrahlung durch beide statt, wenn der rauhere der Säule zunächst steht.

3) In einer und derselben Versuchsreihe entsprechen sich die Verminderung und Vermehrung nicht. Gleichwerthige Ab- und Zunahmen sind jetzt in verschiedenen Gruppen zu erwarten, z. B. in der ersten Rubrik der ersten und in der dritten der zweiten Gruppe, in der dritten Rubrik der ersten und in der ersten der zweiten Gruppe oder in der ersten Columne der dritten und der dritten der vierten Gruppe, in der dritten Columne der dritten und der ersten der vierten Gruppe, wie sie dem Entfernen und Annähern eines und desselben Schirmes zugehören.

4) Die geringsten Unterschiede treten in den Fällen auf, in denen der weniger matte Schirm, die größten, in denen die rauhere Platte gerückt wird.

5) Die Verbindung der fein matten und der matten Fläche ist in vergleichbaren Stellungen voraussichtlich durchweg diathermaner als die der fein matten und rauhen; aber die gedachten Verringerungen und Steigerungen sind bei diesen unter sich verschiedenartigeren bedeutender, als bei jenen. Die reducirten Werthe, denen die bei 210^{mm} Abstand beider Platten beobachtete Durchstrahlung als 100 zu Grunde gelegt worden ist, lassen die betreffenden Verhältnisse um so leichter überblicken.

Mit diesen Erscheinungen bei parallel einfallenden, directen Sonnenstrahlen wurden wieder die verglichen, welche bei, durch das Milchglas I zerstreuten sich darbieten. Hier führten die Versuche, unter übrigens gleichen Umständen, zu Folgendem:

Verhältniß der Wärmemengen, welche aus dem *Milchglase I* austretend

vor und nach dem Einschalten
der Gläser zur Thermosäule
gelangten,

die Gläser durchstrahlen,

sofern von den matten Flächen

Zwei ungleich matte Glasflächen, von einander entfernt

die auf
Seiten der
Thermosäule
befindliche

die Mitte

die auf
Seiten der
Wärmequelle
befindliche

die auf
Seiten der
Thermosäule
befindliche

die Mitte

die auf
Seiten der
Wärmequelle
befindliche

unverrückt gelassen wird,

wenn die *fein matte Fläche der Säule*, die *matte der Wärmequelle* zunächst stand:

10mm	100: 56,6	32,1	23,6	231	131	96,0
110mm	100: 37,8	26,4	23,8	154	108	97,1
210mm	100: 24,5	24,5	24,5	100	100	100,0

wenn die *matte Fläche der Säule*, die *fein matte der Wärmequelle* zunächst stand:

10mm	100: 59,4	34,0	26,4	123	71	55,0
110mm	100: 54,7	37,8	34,0	114	79	11,0
210mm	100: 48,1	48,1	48,1	100	100	100,0

wenn die *fein matte Fläche der Säule*, die *raue der Wärmequelle* zunächst stand:

10mm	100: 50,0	26,4	15,8	294	155	93,0
110mm	100: 28,3	21,3	16,6	166	125	97,6
210mm	100: 17,0	17,0	17,0	100	100	100,0

wenn die *raue Fläche der Säule*, die *fein matte der Wärmequelle* zunächst stand:

10mm	100: 56,6	28,3	16,6	125	62	37,0
110mm	100: 51,9	34,9	27,6	115	77	61,0
210mm	100: 45,3	45,3	45,3	100	100	100,0

Diese Zahlen erweisen, daß alle in jenen fünf Sätzen dargestellten Erscheinungen hier sich vollständig wiederholen. Der Unterschied ist nur, daß einerseits die absoluten Mengen der durch die rauhen Schirme hindurchstrahlenden Wärme ausnahmslos größer sind, als in den entsprechenden Fällen zuvor; andererseits die Verhältnisse dieser, innerhalb einer und derselben Versuchsreihe ab- oder zu-

nehmenden, Werthe unter sich bei den diffusen Wärmestrahlen geringer sind, als die damit vergleichbaren der parallel einfallenden.

Für die Durchstrahlung durch mehrere diathermane Körper ist es bisher nicht bekannt gewesen, daß die Reihenfolge derselben von bestimmendem Einfluß auf die gesammte hindurchgehende Wärmemenge seyn könne. Aus dem Vorigen ist ersichtlich, wie der beim Vertauschen zweier ungleich rauher Platten auftretende Unterschied in den Wärmedurchgängen desto bedeutender ist, je verschiedenartiger ihre Oberflächen, je größer ihre Entfernung von einander und je geringer bei gleicher solcher Entfernung ihr Abstand von der Thermosäule, ferner daß derselbe bei parallelen Sonnenstrahlen mehr beträgt, als bei den durch das Milchglas zerstreuten. Der Vergleich je zweier entsprechender Zahlen der ersten und zweiten oder der dritten und vierten Gruppe in jeder der beiden Tabellen zeigt jenes, der Vergleich der Tabellen unter sich dieses so deutlich, daß es überflüssig erscheint, einzelne Beispiele besonders hervorzuheben.

Wie dabei die Entfernung und GröÙe der Wärmequelle sich geltend machen, geht aus nachstehender Versuchsreihe hervor, innerhalb welcher der Abstand der beiden Schirme von einander unverändert gleich 100^{mm} belassen und wie vorher (S. 4) dafür gesorgt wurde, daß trotz Annäherung und Vergrößerung des strahlenden Körpers die galvanometrische Ablenkung vor dem Einschalten der Gläser stets eine und dieselbe war. Wenn zwar die Durchgänge durch beide wieder auf eine gleich 100 gesetzte, vorn auffallende Wärmemenge bezogen sind, so schloßen sich doch die Zahlen den letzten nicht an, weil die Einschaltung an anderer Stelle vorgenommen, auch die Thermosäule mit einem längeren cylindrischen Ansatz nebst Blendung versehen war.

		Verhältniss der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den			
		aus dem <i>Milchglase II</i> bei			
Zwei ungleich rauhe Glasflächen.	directen	36 ^{mm} Höhe, 11 ^{mm} Breite,	20 ^{cm} Entfernung, 36 ^{mm} Höhe, 11 ^{mm} Breite,	60 ^{mm} Höhe, 65 ^{mm} Breite,	
		65 ^{cm} Entfernung,	20 ^{cm} Entfernung,	65 ^{mm} Breite,	
		austretenden Sonnenstrahlen.			
die fein matte der Säule, die raue der Wärmequelle zunächst.	100 : 5	7,0	9,5	9,5	12,5
vertauscht.	100 : 17	20,5	26,5	26,5	27,0

Bei einer Umstellung, welche die raue Fläche der Säule zunächst, die fein matte ihr ferner bringt, steigt sich demnach der zum Thermoskop gelangende Antheil um mehr als das Dreifache bei den directen Sonnenstrahlen, nicht um das Dreifache bei der fernen und kleinen Milchglasfläche, nur um etwa das Doppelte bei der nahen und grösseren. Der durch eine Vertauschung der ungleich zerstreuenden Schirme herbeigeführte Unterschied nimmt also von einem Maximum bei parallelen, gleichsam aus unendlicher Ferne kommenden, Strahlen mit der Annäherung und Vergrößerung der Wärmequelle ab. Vertritt, wie hier, ein diffundirender Schirm (z. B. Milchglas) die Stelle derselben, so kann noch hinzugefügt werden, daß ein höherer Grad von Diffusion in seiner Wirkung der einer Annäherung oder grösseren Ausdehnung gleichkommt.

Das Charakteristische dieses Vorgangs aber und wie derselbe an das Wesen der rauhen Oberfläche und die damit zusammenhängende Zerstreuung der Wärmestrahlen geknüpft ist, wird erst aus dem Verhalten klarer Platten mit glatter Oberfläche ersichtlich. Je zwei solcher, deren jede wie bei den rauhen, den Wärmestrahlen einen andern Durchgang gestattete, wurden mit einander combinirt und unter

Umständen, unter denen jene so große Verschiedenheiten darbieten, dem Gegenversuch unterworfen. Es dienten dazu ein rothes Glas, welches 55,9 Proc.; ein blaues, das 36,8; ein grünes, welches 12,9 Proc. der auffallenden Sonnenstrahlen hindurchläßt. Gegenüber gestellt wurden sie dem einseitig fein matten und grob rauhen Glase, deren jenes bedeutend diathermaner ist als dieses.

Zwei Gläser. Entfernung derselben von einander:		Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den			
		directen		aus dem geöfneten Pa- pier austretenden	
		Sonnenstrahlen.			
		10mm	200mm	10mm	200mm
das fein matte der Säule, das raue der Wärmequelle zunächst.		100 : 1,4	3,9	27,9	30,9
vertauscht.		100 : 5,0	23,1	29,4	47,1
das rothe der Säule, das blaue der Wärmequelle zunächst oder vertauscht.		100 : 22,2	22,2	22,2	22,2
das rothe der Säule, das grüne der Wärmequelle zunächst oder vertauscht.		100 : 5,7	5,6	5,6	5,7
das blaue der Säule, das grüne der Wärmequelle zunächst oder vertauscht.		100 : 4,9	4,3	4,6	4,6

Wie zu erwarten, hat das Vertauschen klarer verschiedenartiger diathermaner Körper mit polirter Oberfläche auf die gesammte, durch sie hindurchstrahlende Wärme nicht den geringsten Einfluss, dieselben mögen in den Gang paralleler oder zerstreuter Wärmestrahlen und in beliebiger Entfernung von einander eingeschaltet werden. Dasselbe gilt für jeden Abstand und jede Größe der Wärmequelle.

Es bestätigt dies aufs Neue, daß die bisher an den rauhen Schirmen beschriebenen Erscheinungen in etwas Anderem als einer auswählenden Absorption, die sicher bei jenen klaren stattfindet, ihren Grund haben müssen, so ähn-

lich sie einer solchen bei einfachen und doppelten Durchstrahlungen und bei Anwendung verschiedener Wärmequellen auch äußerlich erscheinen mögen.

Wo eine auswählende Absorption bei zwei hinter einander aufgestellten Platten sich geltend macht, kann sie schrittweise verfolgt werden. Dieß in dem vorliegenden Falle näher zu analysiren, stellte ich die genannten fünf Gläser, der Reihe nach, als erste Schirme auf und prüfte die aus ihnen austretende Wärme hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die übrigen Gläser zu durchstrahlen, wobei ich, um den jedesmaligen Einfluß jenes ersten Schirms vollständig beurtheilen zu können, die directen Sonnenstrahlen zum Vergleich daneben stellte.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten,	
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>fein matte</i> Glas.	
rauhes Glas.	100 : 10,3	23,5
rothes Glas.	100 : 55,9	55,9
blaues Glas.	100 : 36,8	36,8
grünes Glas.	100 : 12,9	12,9
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>rauhe</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	67,6
rothes Glas.	100 : 55,9	55,9
blaues Glas.	100 : 36,8	36,8
grünes Glas.	100 : 12,9	12,9
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>rothe</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	42,6
rauhes Glas.	100 : 10,3	10,3
blaues Glas.	100 : 36,8	38,2
grünes Glas.	100 : 12,9	10,3
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>blaue</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	42,6
rauhes Glas.	100 : 10,3	10,3
rothes Glas.	100 : 55,9	57,4
grünes Glas.	100 : 12,9	12,9
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>grüne</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	42,6
rauhes Glas.	100 : 10,3	10,3
rothes Glas.	100 : 55,9	44,1
blaues Glas.	100 : 36,8	36,8

Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß Sonnenstrahlen, welche durch die rauhen farblosen Gläser gegangen sind, in gleichem Grade wie die directen ein rothes, blaues, grünes Glas durchdringen, während sie nach ihrem Durchgange durch rothes Glas ein blaues reichlicher, ein grünes weniger reichlich durchstrahlen, hinter dem blauen Glase ein rothes verhältnißmäßig besser, hinter dem grünen ein rothes Glas schlechter als zuvor. Ferner besitzt die durch farbige Platten hindurchgelassene Wärme ganz dieselbe Fähigkeit, die matten Gläser zu durchstrahlen, wie die directe Sonnenwärme. Es ist daraus zu schließeln, daß jene rauhen farblosen Glasplatten eine beim Durchstrahlen zweiter Glasschirme sich geltend machende auswählende Absorption auf die ihnen gebotenen Strahlen nicht ausüben, wie eine solche in auffälliger Weise nach dem Durchstrahlen genannter farbiger Gläser sich zeigt. Ebenso wenig wie, nach obigen Erfahrungen (S. 5 bis 8), Milchglas, geöltes Papier oder dergleichen die Durchgangsfähigkeit der Wärmestrahlen gegenüber der Glasmasse der betreffenden Schirme geändert hatten, war diels bei den rauhen Gläsern der Fall. *Eine auswählende Absorption ist also in den besprochenen Versuchen auch nicht als eine Nebenvirkung hervorgetreten.*

Nach Ermittlung der Thermochrose eines ersten Schirms in Bezug auf die Eigenthümlichkeit eines zweiten ergibt sich die gesammte, durch beide hindurchgehende Strahlenmenge von selbst. Denn, gehen durch ein rothes Glas allein $\frac{55,9}{100}$ der auffallenden Sonnenstrahlen und von den aus diesem austretenden $\frac{38,2}{100}$ durch ein blaues Glas, so dringen durch beide Gläser zusammen $\frac{55,9}{100} \cdot \frac{38,2}{100} = \frac{21,4}{100}$ der einstrahlenden Wärmemenge. Beobachtet wurden $\frac{22,2}{100}$. Durchstrahlen nach dem Durchgange durch das rothe Glas 10,3 Proc. das grüne, so gehen durch beide $\frac{55,9}{100} \cdot \frac{10,3}{100} = \frac{5,76}{100}$; der Beobachtung nach, $\frac{5,65}{100}$. Läßt endlich das blaue Glas

$\frac{36,8}{100}$ hindurch und von diesen das grüne 12,9 Proc., so beträgt der Durchgang durch beide $\frac{36,8}{100} \cdot \frac{12,9}{100} = \frac{4,7}{100}$, was ebenfalls mit dem Resultat des Versuchs $\frac{4,6}{100}$ gut übereinstimmt. Nicht so ist es mit den *rauen Platten*, für welche ein *constantes Durchstrahlungsverhältniß* sich weder bei einer noch bei zweien feststellen läßt, indem dieses Verhältniß mit jeder Entfernung der Schirme von der Wärmequelle, von der Thermosäule; bei mehreren auch mit ihrem Abstände von einander, endlich bei verschiedenen noch mit ihrer Reihenfolge sich ändert.

5. Besonders bezeichnend hierfür, wie für die Gesamtheit der gewonnenen Resultate sind die Messungen der das Thermoskop treffenden Wärmemengen, wenn *raue Schirme* auf der Bahn zwischen Wärmequelle und Säule *verschoben* werden.

Den Einfluss der *Oberflächenbeschaffenheit der Schirme* und der *Natur der einfallenden Wärmestrahlen* bei diesem *Rücken* ermittelte die erste Versuchsreihe, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlten, bei den			
	directen		aus dem Müthglase I austretenden		directen		aus dem Müthglase I austretenden	
	Sonnenstrahlen.				Sonnenstrahlen.			
	fern	nah	fern	nah	fern	nah	fern	nah
klar.	100 : 76,0	76	76	76	100 : 100	100	100	100
einseitig fein matt.	100 : 35,0	69	50	75	100 : 197	100	150	150
einseitig matt.	100 : 15,0	58	17	63	100 : 387	100	371	371
einseitig rauh.	100 : 8,0	55	13	60	100 : 687	100	462	462
zweiseitig matt.	100 : 3,5	48	6	48	100 : 1371	100	800	800

Bei einem Nähern um 180^{mm} hinter einem mit rundem Ausschnitt versehenen Metallschirm steigert sich demnach die zur Säule gelangende Wärmemenge bei der fein matten Glasplatte um etwa das Doppelte, bei der zweiseitig matten um fast das Vierzehnfache für directe Sonnenstrahlen, bei jener um das Anderthalbfache, bei dieser um das Achtfache für die aus dem Milchglase hervorgehenden, während das Rücken des klaren Glases keine Aenderung der Art herbeiführt. *Die auf die Thermosäule hindurchstrahlende Wärme wächst demnach mit der Nähe der rauhen Platte ¹⁾ und zwar in dem Maafse, als ihr Diffusionsvermögen zunimmt und bei den directen Sonnenstrahlen in höherem Grade als bei den zerstreuten.*

Nach einem, in meiner früheren Untersuchung aufgefundenen, in diesen Annalen, Bd. CXX, namentlich S. 259 und 285 dargestellten Verfahren ²⁾ untersucht, erwies sich *geöltes Papier diffundirender als Milchglas I.* In diesen beiden Schirmen bot sich demnach ein Mittel dar, auch die Wirkung des Grades der Zerstreuung, dem die betreffenden Wärmestrahlen ausgesetzt gewesen, kennen zu lernen. Von den aus ihnen austretenden Strahlen, sowie (des Vergleiches halber) den parallelen Sonnenstrahlen der Reihe nach in gleicher Menge beschienen, wurden das fein matte, das matte und das raue Glas der Thermosäule um gleiche Strecken genähert. Sie liefsen dabei (unter Hinweglassung des ausgeschnittenen Metallschirms) folgende Wärmemengen zu derselben hindurch.

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 222, 257, 258, 280.

2) Ein Zahlenbeispiel zur Erläuterung dieser Methode enthält auch die gegenwärtige Abhandlung bereits in der Tabelle S. 8, welche durch matte Glasplatten einen reichlicheren Durchgang der aus geöltem Papier, als der aus dem Milchglase II austretenden Sonnenstrahlen angiebt, woraus in gleicher Weise, wie es hier vom Milchglase I behauptet wird, für das Milchglas II zu schließen wäre, dafs es an diffundirender Wirkung dem geölten Papier nachstehe.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den										Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den										
	parallel					durch das Milchglas I geölte Papier zerstreuten					parallel					durch das Milchglas I geölte Papier zerstreuten					
	mm 220	mm 120	mm 20	mm 220	mm 120	mm 20	mm 220	mm 120	mm 20	mm 220	mm 120	mm 20	mm 220	mm 120	mm 20	mm 220	mm 120	mm 20	mm 220	mm 120	mm 20
Entfernung derselben von der Thermosäule:																					
einseitig fein matt.	100 : 36,0	50	67	55	65	69,0	66	70	77		100	139	186	100	118	125	100	106	117		
einseitig matt.	100 : 17,0	27	55	29	41	57,0	50	57	64		100	159	324	100	141	197	100	114	128		
einseitig rauh.	100 : 9,5	17	53	16	28	62,5	44	51	67		100	179	558	100	175	391	100	116	132		

seh
mit
für
mus

zu
so
daß
gan
fer
Wa
mat
tre
hin
Ab

Pla
der
dor
fer
W
ab
wä
Fla

für
sey
häl
20
len
un
nä
ner
Mi
str
ihr

Besagte (aus den reducirten Werthen am besten zu ersehende) Steigerung nimmt hier für dieselbe Strahlengruppe mit der Rauheit des genäherten diathermanen Schirmes zu, für denselben Schirm von einem Maximum beim Parallelismus mit der Diffusion der Wärmestrahlen ab.

Es verdient hierbei der Beachtung, daß, im Gegensatz zu den klaren Substanzen, eine Platte mit rauher Oberfläche so wenig ein constantes Durchstrahlungsvermögen besitzt, daß sie in einem Falle, wo die Qualität der Wärmestrahlen gar nicht in Betracht kommt, von zwei Strahlengruppen fern von der Säule verschiedene, nahe derselben ganz gleiche Wärmemengen hindurchlassen kann, wie z. B. das zweiseitig matte Glas, welches von den aus dem Milchglas hervortretenden Strahlen in 200^{mm} Abstand fast doppelt so viel hindurchgehen läßt wie von den parallelen und in 20^{mm} Abstand beiden einen gleichen Durchgang gestattet.

Ebendamit hängt es zusammen, daß zwei ungleich rauhe Platten in einer Entfernung mit einander verglichen ganz andere Durchstrahlungsverhältnisse darbieten als in einer andern. So gelangt z. B. von parallelen Strahlen in 220^{mm} Entfernung durch das einseitig rauhe Glas etwa halb so viel Wärme als durch das matte zur Säule, in 20^{mm} Entfernung aber durch beide fast gleich viel. In dem Grade schneller wächst durch Annäherung die Wirkung auf die bestrahlte Fläche bei der rauheren Platte.

Ja, während von zwei klaren Substanzen, wenigstens für gleichartige Strahlen, sie mögen parallel oder diffus seyn, stets eine die diathermanere bleibt, kann das Verhältniß bei rauhen Platten sich geradezu umkehren. In 20^{mm} Entfernung erscheint z. B. unter den parallelen Strahlen das einseitig matte Glas diathermaner als das rauhe, unter den vom geölten Papier zerstreuten dagegen an der nämlichen Stelle dieses diathermaner als jenes. Selbst innerhalb einer und derselben Strahlengruppe: den aus dem Milchglase oder aus dem geölten Papier austretenden Wärmestrahlen vertauschen diese Gläser in der bezeichneten Art ihre Rollen. Für die Ferne ist das matte, für die Nähe

das rauhe diathermaner ¹⁾. Es bietet dieser Fall auf dem Gebiete der Wärmelehre ein Analogon zu einem andern, den ich früher auf optischem Wege kennen lernte und bei dem von zwei Milchgläsern, je nachdem ich durch dieselben auf einen fernen oder einen nahen Gegenstand blickte, bald das eine, bald das andere durchsichtiger erschien ²⁾.

Die Durchstrahlungsverhältnisse rauher und trüber Medien erhalten auf diese Weise einen weiten Umfang, bestimmte Zahlenwerthe aber eine sehr enge Begrenzung.

Die vorliegende Versuchsreihe giebt noch zu einer weiteren Betrachtung Anlaß. Wollte man die *Frage* beantworten, ob eine *Strahlengruppe diffuser* ist als eine andere, z. B. die aus einem oder einem anderen rauhen oder trüben Schirm *austretende*, deren diffundirende Wirkung man nicht unmittelbar beurtheilen kann: matt geschliffenen Platten, Milchgläsern, durchscheinenden Papieren usw. oder die von diffus reflectirenden Flächen *zurückgeworfene*, so kann man irgend eine matte Platte in den Gang der zu vergleichenden Strahlen einschalten und sie um ein Gleiches längs derselben verschieben. Je geringer die *Steigerung* ist, welche die *Wärmewirkung* beim *Annähern* dieser Platte an die *Thermosäule* erfährt, welche vor dem Einschalten von den unmittelbar eintreffenden Strahlen auf gleiche Weise afficirt wurde, desto mehr beträgt die *fragliche Zerstreuung der Strahlen*. Eine Controle der Bestimmung wird man außerdem darin finden, daß die den diffuseren Strahlen angehörigen Durchgänge sämmtlich höher sind, als die der minder diffusen ³⁾.

Wenn es sich nur um die Entscheidung des *Zerstreuungsvermögens diathermaner Schirme* handelt, könnte man auch

1) Resultate, welche ich, ihrer Eigenthümlichkeit halber, neuerdings oft controlirt und jedesmal bestätigt gefunden habe. Sie enthalten einen Grund mehr, weshalb Tabellen, die nicht ausdrücklich für einander bestimmt sind, nicht mit einander verglichen werden können.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S 201, 252.

3) Vergl. Ebendaselbst S. 258, 259, 285.

einfach diese, der Reihe nach, um dieselbe Strecke in dem Bereich irgend welcher Strahlen, am besten (wegen der größten Unterschiede) der directen Sonnenstrahlen, der *Thermosäule* nähern. Die größere Steigerung der nur auf dem Wege der Durchstrahlung zu dieser gelangenden Wärmemenge spräche für das höhere Diffusionsvermögen. Die letzte Tabelle liefert zu allem Diesem die erforderlichen Beläge.

Welchen Einfluss beim Rücken rauher Glasplatten die jedesmalige Entfernung und Größe der Wärmequelle haben, zeigen nachstehende Beobachtungen, bei denen zuerst die Größe des von der Sonne beschienenen Feldes des Milchglases II constant gelassen und sein Abstand geändert, sodann dieser beibehalten und jene gewechselt wurde. Die nähere Anordnung des Versuchs entsprach der S. 22 gedachten. Die aus der Sonnenferne kommenden Wärmestrahlen sind ebenfalls mit verglichen. Die Verschiebung der Glasplatten betrug 100^{mm}.

Gläser.	Verhältnis der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den										Verhältnis der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den									
	aus dem <i>Milchglase II</i> , bei					aus dem <i>Milchglase II</i> , bei					aus dem <i>Milchglase II</i> , bei					aus dem <i>Milchglase II</i> , bei				
	directen	36mm Höhe, 11mm Breite, 65cm Entfernung,	38mm Höhe, 11mm Breite, 20cm Entfernung,	60mm Höhe, 65mm Breite,	20cm Entfernung,	directen	36mm Höhe, 11mm Breite, 65cm Entfernung,	38mm Höhe, 11mm Breite, 20cm Entfernung,	60mm Höhe, 65mm Breite,	20cm Entfernung,	directen	36mm Höhe, 11mm Breite, 65cm Entfernung,	38mm Höhe, 11mm Breite, 20cm Entfernung,	60mm Höhe, 65mm Breite,	20cm Entfernung,	directen	36mm Höhe, 11mm Breite, 65cm Entfernung,	38mm Höhe, 11mm Breite, 20cm Entfernung,	60mm Höhe, 65mm Breite,	20cm Entfernung,
Bezeichnung ihrer Entfernung von der Thermosäule:	fern	nah	fern	nah	fern	fern	nah	fern	nah	fern	fern	nah	fern	nah	fern	fern	nah	fern	nah	fern
einseitig fein matt.	100:22	58	52	71	56	72	56	72	62	73	100:264	100:137	100:129	100:129	100:118	100:264	100:137	100:129	100:129	100:118
einseitig rauh.	100:9	32	16	40	17	41	17	41	25	41	100:356	100:250	100:241	100:241	100:164	100:356	100:250	100:241	100:241	100:164

also
Sch
que
lass
mit
An
sam
tra
rail
Bes
Zah
mat
glic
erre
das
Tab
W
and
dur
her
die
dur
fach
wel
der
wie
nah
rüc
bell
Rei
vier
gen
P

Die zur Thermosäule hindurchstrahlende Wärme nimmt also bei gleicher Annäherung des rauhen diathermanen Schirmes desto weniger zu, je näher und größer die Wärmequelle:

Diese, für die einzelnen rauhen Platten gefundenen Data lassen nun die Erscheinungen vorhersehen, welche bei zwei mit einander verbundenen auftreten müssen.

Es ist danach klar, daß jene Steigerung bei bestimmter Annäherung zweier gleichartiger matter Flächen, da sie zusammen jedenfalls diffundirender sind als einzeln, mehr betragen muß als bei einer; ferner daß dieselbe sich bei parallelen Strahlen höher belaufen wird als bei diffusen. Die Bestätigung hierfür ist auch in den bereits mitgetheilten Zahlen zu finden. In der Tabelle S. 26 ist eine einseitig matte Platte mit einer zweiseitig matten, 2^{mm} dicken verglichen, deren Rauhigkeitsgrad der nämliche ist. Bei jener erreicht die Zunahme nicht das Vierfache, bei dieser fast das Vierzehnfache. In der ersten horizontalen Reihe der Tafeln S. 15 und 16 sind (von der Rechten zur Linken) die Wärmemengen verzeichnet, welche zwei, um 10^{mm} von einander entfernte, matte Glasflächen zur Thermosäule hindurchlassen, wenn sie dieser zwei Mal um je 100^{mm} genähert werden. Bei den parallelen Sonnenstrahlen übertrifft die Gesamtsteigerung hierbei das Vierzehnfache, bei den durch das Milchglas zerstreuten bleibt sie vor dem Vierfachen stehen. Entsprechendes zeigen die zweiten Reihen, welche einer Verschiebung der beiden, 110^{mm} von einander abstehenden Platten, um je 50^{mm} angehören.

Bei zwei ungleich rauhen Flächen ist, wegen des überwiegenden Einflusses der rauheren, dann eine größere Zunahme der Wärmewirkung zu erwarten, wenn beim Heranrücken an die Säule die rauhere vorangeht. In der Tabelle S. 18 weist der Vergleich der ersten horizontalen Reihen der ersten und zweiten, so wie der dritten und vierten Gruppe, oder der zweiten Reihen dieser Abtheilungen unter sich diesen Vorgang aufs Einleuchtendste nach.

Von den Combinationen einer *fein matten Platte*, einmal mit einer matten, das andere Mal mit einer gröberen, muß der letzteren, als dem stärker diffundirenden System, die *größere Steigerung* zukommen. Die in den ersten Zeilen der ersten und dritten, sowie der zweiten und vierten Gruppe derselben Tafel enthaltenen Wärmedurchgänge lassen darüber keinen Zweifel; ebenso wenig die in den zweiten Zeilen dieser Gruppen aufgeführten Werthe. Was hier für die parallelen Strahlen sich ergibt, zeigt die Tafel S. 20 für die *verstreuten*, auch sind hier die *Unterschiede* nach Erwarten geringer.

Alles aber, was sonst noch hinsichtlich der Verschiebung eines von zwei *rauen Schirmen*, von ihrem wechselseitigen Abstände, ihrer Vertauschung usw. gesagt worden ist, läßt sich jetzt mit derselben Leichtigkeit auf ihre wechselnde Entfernung von der Thermosäule zurückführen, bei welcher stets der Einfluß des rauheren oder diffundirenden Schirms den Ausschlag giebt.

Es ist also auch in dem einfachsten dieser Fälle, demjenigen, in welchem wir die *Durchstrahlung der Wärme durch eine einseitig matte Platte* untersuchen, nicht gleichgültig, ob wir die *glatte oder die raue Seite der Thermosäule zukehren*. Der letzteren Stellung wird immer die höhere Ablenkung der Galvanometernadel angehören; die Größe des Unterschiedes aber, auch wohl die Möglichkeit ihn überhaupt wahrzunehmen, von dem Grade der Rauheit, der Dicke der Platte und ihrem Abstände von Thermosäule und Wärmequelle bedingt seyn. Die Erfahrung hat dies vielfach bestätigt. Bei einem klaren, einseitig mit einem farbigen Ueberzuge überfangenen Glase würde die Umkehrung ohne jeden Einfluß auf die zur Thermosäule hindurchstrahlende Wärmemenge seyn, wie aus den mit klaren diathermanen Substanzen angestellten Gegenversuchen hervorgeht.

Demnach haben sich wieder, wie früher, die mannigfaltigsten Erscheinungen der Durchstrahlung durch raue Platten aus dem gemeinsamen Gesichtspunkte einer Diffusion

der S
Rolle
der S
nung
Grad
men.
men
tung
liefen
D
fasse
ed 1
rauh
Wär
unmi
ein,
oder
D
her e
zunel
so w
oder
E
hat e
und
2
Wär
der
Aug
durch
je g
lute
Raul
3
Fläc
mind

der Strahlen betrachten lassen und die Beobachtung hat die Rollen ermittelt, welche dabei das Zerstreuungsvermögen der Schirme einerseits und der, mit Beschaffenheit, Entfernung und Grösse der Wärmequelle zusammenhängende, Grad der Zerstreuung der Strahlen andererseits übernehmen. Zur näheren Erläuterung des dabei an rauhen Schirmen stattfindenden Vorgangs hat die eingehende Betrachtung des Hrn. Dr. Jungk einen wesentlichen Beitrag geliefert.

Die Hauptresultate der mitgetheilten Beobachtungen fasse ich in folgende Sätze zusammen:

1. Der Durchgang der strahlenden Wärme durch eine rauhe diathermane Platte ist für eine constante auffallende Wärmemenge desto reichlicher, je näher oder grösser die unmittelbar ausstrahlende Wärmequelle oder an deren Stelle ein, die parallelen Sonnenstrahlen mittelst Durchstrahlung oder Reflexion zerstreuer Körper.

Dieser Einfluss macht sich desto mehr geltend, je rauher die Oberfläche jener diathermanen Platte, so dass bei zunehmender Rauheit derselben ihr Wärmedurchlass um so weniger beeinträchtigt wird, je grösser die Annäherung oder die Ausdehnung jener.

Eine Steigerung der Zerstreuung der Wärmestrahlen hat dieselbe Wirkung wie diese Aenderung der Entfernung und Grösse.

2. Beim Neigen einer, zuerst rechtwinklig gegen die Wärmestrahlen gerichteten, rauhen diathermanen Platte ist der Winkel, welchen die letztere mit den Strahlen in dem Augenblick einschliesst, da das Maximum der Durchstrahlung durch einen zweiten rauhen Schirm eintritt, desto kleiner, je geringer die Rauheit jener ersten Platte ist. Der absolute Werth des bezeichneten Maximums nimmt mit dieser Rauheit zu.

3. Die Durchstrahlung durch zwei gleichartig matte Flächen wird beim Entfernen derselben von einander vermindert, wenn dabei die eine an ihrer Stelle vor der Thermo-

säule belassen, die andere von dieser abgerückt wird; vermehrt, wenn jene Fläche der Säule genähert wird, während diese, auf Seiten der Wärmequelle befindliche, ihre Stelle behauptet; dieselbe kann unverändert bleiben beim Nähern der einen und entsprechendem Entfernen der andern.

Die Unterschiede sind am beträchtlichsten bei parallelen Strahlen. Eine Zerstreuung derselben, gleichwie eine Annäherung oder Vergrößerung der Wärmequelle haben, mit einer Steigerung der Durchgänge selbst, eine Verminderung ihrer Unterschiede zur Folge.

4. Von der Durchstrahlung zweier ungleich matten Flächen gilt im Wesentlichen Dasselbe; doch wäre die bezeichnete Compensation nur bei erheblich ungleicher Verschiebung der einzelnen Flächen nach entgegengesetzten Seiten herbeizuführen.

Die bei wechselnder Entfernung auftretenden Unterschiede sind geringer oder größer, je nachdem die weniger rauhe oder die rauhere Fläche gerückt werden. Bei gleicher Verschiebung beider überwiegt der Einfluss der letzteren.

Von den Verbindungen einer und derselben matten Fläche mit einer rauheren oder einer noch gröberen gehören der ersteren die reichlicheren Durchstrahlungen, aber der letzteren die größeren Verschiedenheiten in diesen unter den gedachten Umständen an.

Werden die Flächen vertauscht, so findet ein erhöhter Durchgang der Wärmestrahlen durch beide jedesmal statt, wenn die rauhere der Thermosäule zunächst ist. Dieser durch die Vertauschung herbeigeführte Unterschied ist desto bedeutender, je größer die Rauigkeitsverschiedenheit der betreffenden Flächen, je entfernter sie von einander sind, je näher sie bei gleicher solcher Entfernung der Thermosäule, je entfernter und kleiner die Wärmequelle und je weniger zerstreut deren Strahlen. Das Maximum findet sich daher bei den parallel einfallenden.

5. Alle diese Erscheinungen lassen sich aus dem Ver-

halten einzelner rauher diathermaner Schirme ableiten, bei welchen die Steigerung des Wärmedurchlasses während ihrer Annäherung an die Säule mit ihrer Rauheit oder allgemeiner ihrem Diffusionsvermögen einerseits, mit der Abnahme der Diffusion der Wärmestrahlen oder ihrem Uebergange zum Parallelismus andererseits zunimmt.

Es ist hierin ein Mittel gegeben, aus dem Grade der Steigerung beim Näherrücken diffundirender Schirme an die Thermosäule sowohl auf ihr eigenes Zerstreuungsvermögen als auf das Maass der Zerstreuung der zu ihnen gelangenden Wärmestrahlen zu schließen.

Ein rauher oder trüber diathermaner Körper besitzt demnach für die nämliche Art strahlender Wärme nicht ein constantes Durchstrahlungs- und Absorptionsvermögen. Von zwei mit einander verglichenen kann selbst für eine und dieselbe Wärmequelle bald der eine, bald der andere diathermaner seyn.

In allen diesen mannigfaltigen Beziehungen der Durchstrahlung unterscheiden dieselben sich von den klaren diathermanen Körpern mit glatter Oberfläche, so eigenthümlich deren auswählende Absorption den Wärmestrahlen gegenüber auch seyn möge.

II. Beiträge zur Kenntniss des Stickstoffeisens; von Dr. C. Stahlschmidt.

Im Laufe der letzten Jahre ist von verschiedenen Chemikern dem Studium des Stahls und des Roheisens eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, weil von Fremy zuerst versucht wurde, die Entstehung und Constitution des Stahls auf eine Weise zu erklären, welche den bis jetzt herrschenden Ansichten ganz fremd und geradezu entgegengesetzt ist.

Fremy trat zuerst mit der kühnen Behauptung auf, der Stahl sey kein Kohlenstoffeisen, sondern ein Stickstoffeisen und verdanke somit seine Eigenschaften nicht dem Kohlenstoff, sondern einem Gehalte an Stickstoff. Später ging Fremy von dieser Erklärungsweise ab, und behauptete, das Eisen ginge durch Aufnahme von Kohlenstoff und Stickstoff in Stahl über und letzterer sey ein Kohlenstickstoffeisen, in welchem die beiden stahlbildenden Elemente zu einem cyanähnlichen und die Rolle eines Radicals oder Metalloids spielenden Körpers enthalten sey. Dieser bisher noch niemals dargestellte zusammengesetzte Körper ist auch im Stahl nicht nachgewiesen worden und somit bis zur Stunde als hypothetischer Stoff zu betrachten, dessen Existenz überhaupt, wohl behauptet aber durchaus nicht bewiesen werden kann. Wie dem aber auch sey, Fremy nimmt ein solches Kohlenstickstoffradical an und erklärt die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Stahlsorten aus der verschiedenen Zusammensetzung dieser Kohlenstickstoffverbindung, welche außerdem noch durch verschiedene andere Stoffe theilweise vertreten werden kann, so unter anderem durch Arsenik, Phosphor, Schwefel etc., wodurch dann dem Stahl besondere Eigenschaften aufgeprägt werden.

Die ersten Angaben, daß das Roheisen und der Stahl öfter stickstoffhaltig seyen, sind zuerst von Schafheutel gemacht worden. Nach seinen Angaben sollen diese stickstoffhaltigen Eisensorten, wenn sie mit Kalilauge erhitzt werden, Ammoniak entwickeln, eine Beobachtung, die keinen Schluss auf einen Stickstoffgehalt gestattet, wohl aber erlaubt anzunehmen, daß die untersuchten Eisensorten fertig gebildetes Ammoniak auf ihrer Oberfläche verdichtet enthielten. Von Rammelsberg (Monatsberichte der Berl. Acad. 1862, S. 692) ist die Entstehung dieses Ammoniaks genügend nachgewiesen, vorausgesetzt, daß das gepulverte Roheisen einige Zeit an der Luft liegt, indem es alsdann mit Kali Ammoniak entwickelt. Dasselbe Eisen direct auf Stickstoff untersucht, enthielt so geringe Mengen desselben, daß diese höchst wahrscheinlich bei der Analyse aus der

Luft als Ammoniak hineingebracht sind. Boussingault giebt ferner an, daß beim Lösen von absolut reinem Eisen in Säuren Ammoniak gebildet wird, was dadurch zu erklären wäre, daß das gebildete Wasserstoffgas in *Status nascenti* mit dem in der verdünnten Säure aufgelösten Stickstoff zu Ammoniak zusammentritt, eine Vermuthung, welche allerdings durch das Experiment der Bestätigung bedarf.

Was nun die von den verschiedenen Chemikern gefundene Stickstoffmenge in den einzelnen Stahl- und Eisensorten anbelangt, so ist dieselbe so ungemein gering und klein, daß man ihr unmöglich eine große Bedeutung beilegen kann, selbst wenn es auf das schlagendste nachgewiesen wäre, daß sie im Eisen existire. Fremy selbst giebt über den Procentgehalt des Stickstoffs im Stahl nichts an. Aus den Versuchen von Boussingault, welcher den Gußstahl im Wasserdampf erhitzte, und ebenso aus den von Bouis, welcher die untersuchten Stahl- und Eisensorten im Wasserstoff glühte und das freigewordene Ammoniak bestimmte, ergab sich die Stickstoffmenge der Eisensorten wie folgt.

Nach Boussingault enthielt ein Gußstahl 0,00045 Proc. Stickstoff

Derselbe ergab bei einem zweiten Versuche 0,005

Bouis fand im Gußstahl von 0,01

Krupp'schem 0,01

Derselbe mit Aether gewaschen 0,0005

Stabeisen enthielt 0,0009

Weißes Gußeisen 0,001

Gräues Roheisen war frei von Stickstoff

Aus dem Versuche von Bouis mit Krupp'schem Guß-

stahl ersieht man, daß der mit Aether gewaschene Stahl

eine fast verschwindend kleine Menge Stickstoff enthielt,

während der nicht mit Aether gereinigte 0,01 Proc. zeigte.

Hieraus folgt aber auch ferner, daß der Stickstoffgehalt

des Stahls mehr auf der Oberfläche als im Innern desselben gesucht werden muß, daß mit anderen Worten in diesem betreffenden Falle das Ammoniak entweder auf der Oberfläche verdichtet war, oder daß die Oberfläche des Stahls durch einen Stoff verunreinigt war, der bei höherer Temperatur das Ammoniak durch Zersetzung lieferte. Wie weiter unten angeführt werden wird könnten nach Versuchen von Fremy noch andere Momente in Betracht gezogen werden, durch welche sich eine Ammoniakkbildung erklären ließe. Vorerst will ich jedoch einige Versuche mittheilen, die ich über Stickstoffeisen zu dem Zwecke angestellt habe, um über die Entstehung, die Zusammensetzung, sowie über das allgemeine Verhalten und die Eigenschaften desselben näheren Aufschluß zu erhalten.

Die bisjetzt gemachten Angaben über die Bildung und Eigenschaften des Stickstoffeisens differiren so beträchtlich untereinander, daß es bei der Wichtigkeit, welcher dieser Körper in dem allgemeinen Streite über die Stahlbildung erlangt hat, von Interesse seyn muß, eine genauere Kenntniss desselben zu erhalten.

Berthollet, Thenard und Savart ließen Ammoniak auf Eisendraht in der Glühhitze einwirken und fanden, daß das Gewicht des Eisens um fast nichts zunahm, das Eisen aber spröde wurde. Savart erwähnt, daß bei langem Ueberleiten des Ammoniaks, das Eisen weicher wird, als es ursprünglich war, während bei einer Einwirkung von nur zwei Stunden das Eisen sich stahlartig verhielt und sich härten liefs. Nach Despretz endlich soll das Eisen beim Glühen im Ammoniakstrom um 7 — 11,5 Proc. zunehmen und sich in eine weiße spröde zerreibliche Masse umändern. Buff fand unter diesen Umständen eine Gewichtszunahme von 6 und Regnault von 12 bis 13 Proc.

Fremy hat nun einen anderen Weg der Darstellung angegeben, nach welchem man das Stickstoffeisen leicht erhalten kann. Er benutzt wasserfreies Eisenchlorür und leitet über dasselbe in der Glühhitze einen Strom trocknen Ammoniakgases, wodurch unter Freiwerden, von be-

deutenden Mengen Salmiaks das Stickstoffeisen als eine graue, zuweilen metallisch glänzende weisse Masse zurückbleibt, welche sehr spröde, leicht zerreiblich, schwerer oxydirbar als reines Eisen ist und von Salpetersäure langsam, von Salzsäure aber rasch aufgelöst wird. In Wasserstoff geglüht verliert es nach Fremy 9,3 Proc. Stickstoff und es bleibt reines Eisen zurück. Aus dem Stickstoffverlust berechnet Fremy die Formel NFe_3 , welche 9,1 Proc. verlangt, während der von Despretz gefundene Gehalt von 11,5 Proc. mit der Formel NFe_2 nahezu übereinstimmt, welche 11,1 Proc. Stickstoff fordert.

Aus den verschiedenen Resultaten, hervorgegangen aus den vielfachen Untersuchungen, könnte gefolgert werden, das das Eisen mit dem Stickstoff eine grosse Anzahl von Verbindungen eingehe, und demnach fähig sey, sich mit einem Stickstoffeisen von bestimmter Verbindung zu legiren. Dieses als richtig angenommen und erwiesen könnte es allerdings scheinen, das der Stickstoff eine analoge Rolle zu spielen im Stande sey, wie der Kohlenstoff, welcher ja auch nach den genauesten Untersuchungen in den verschiedenartigsten Mengenverhältnissen mit dem Eisen verbunden angenommen werden muss. Aus den von mir angestellten Versuchen geht hervor, das der Stickstoff sich in einem ganz bestimmten Verhältniss mit dem Eisen verbindet und das alle die bisher angenommenen Stickstoffeisen, welche nur wenig Stickstoff enthalten, betrachtet werden müssen, als Gemenge dieses Stickstoffeisens von bestimmter Zusammensetzung mit reinem Eisen, wobei noch besonders hervorzuheben ist, das dieses Stickstoffeisen sich nicht in der ganzen Masse gleichmäfsig vertheilt findet.

Das zu meinen Versuchen dienende Stickstoffeisen wurde aus sublimirtem Eisenchlorür und Ammoniak nach der von Regnault und Fremy vorgeschlagenen Methode bereitet. Beim Ueberleiten des trocknen Ammoniaks über das Eisenchlorür, wird ersteres von letzterem begierig und unter starker Erwärmung aufgenommen und Eisenchlorür-Ammoniak gebildet. Wird die Röhre, in welcher sich das

selbe gebildet hat, alsdann erhitzt, so fängt die Masse an zu schmelzen und geht in eine dunkle Flüssigkeit über, aus welcher sich das aufgenommene Ammoniak rasch entwickelt. Eisenchlorür bleibt als schwach gelb gefärbte poröse Masse zurück, aus der sich bei stärkerem Erhitzen das Stickstoffeisen unter Salmiakbildung erzeugt. Gleichzeitig tritt bei dem Zersetzungsproceß eine große Menge Wasserstoffgas auf.

Die Temperatur, bei welcher sich das Stickstoffeisen bildet, kann eine sehr niedrige seyn und darf weit unter der dunklen Rothglühhitze liegen. Bei aufmerksamer Beobachtung sieht man, daß dasjenige Eisenchlorür, welches in der Röhre eine sehr dünne Lage bildet, fast momentan in Stickstoffeisen übergeht, während dasjenige, welches eine dicke Schicht bildet, längere Zeit zur Zersetzung bedarf. Im letzteren Falle muß eine weit höhere Temperatur angewendet werden, wenn alles Eisenchlorür in Stickstoffeisen umgewandelt werden soll, wobei dann gewöhnlich ein Theil des ersteren sublimirt. Das Stickstoffeisen, welches bei den verschiedenen Temperaturen dargestellt wird, hat eine verschiedene Zusammensetzung und im Allgemeinen einen um so niedrigeren Stickstoffgehalt, je höher die angewendete Temperatur war. Um ein Stickstoffeisen von gleicher Zusammensetzung zu erhalten, ist es nöthig, daß das Eisenchlorür in einer sehr dünnen Schicht und bei einer so niedrigen Temperatur dem Ammoniakstrom dargeboten wird, daß das gebildete Chlorammonium eben verflüchtigt wird. Nachdem die Bildung des Stickstoffeisens beendigt ist, welches man daran erkennt, daß keine Salmiakdämpfe mehr auftreten, leitet man noch einige Zeit Ammoniak über dasselbe und läßt dann im Ammoniakstrom erkalten. Das auf diese Weise in dünnen Blättchen und theilweise als graues Pulver erhaltene Stickstoffeisen hat genau die Zusammensetzung NFe_2 und ist somit ein Ammonium, in welchem aller Wasserstoff durch Eisen vertreten ist. Folgende Analysen, die jede mit einer anderen Probe Stickstoffeisen gemacht wurde, bestätigen dieses:

1,49 Grm. Stickstoffeisen verloren im Wasserstoffstrom
geglüht

0,17 Grm. Stickstoff als Ammoniak
entsprechend . . . 11,4 Proc. Stickstoff

0,5575 Grm. verloren 0,062 Grm.

Stickstoff = . . . 11,1 „

0,58 Grm. verloren 0,066 Grm. Stick-

stoff = . . . 11,38 „

0,735 Grm. verloren 0,090 Grm.

Stickstoff = . . . 10,88 „

0,807 Grm. wurden in einem Platintiegel bei Luftzutritt
so lange geglüht, bis keine Gewichtszunahme mehr
stattfand. Es resultirten 1,025 Grm. Eisenoxyd, ent-
sprechend 0,7175 Grm. Eisen. Der Stickstoffgehalt ist
darnach $= 0,807 - 0,7175 = 0,0895$ Grm. oder gleich
11,1 Proc. Die Formel NFe verlangt 11,1 Proc.

Bei der Zersetzung des Stickstoffeisens im Wasserstoff-
strom erkennt man sofort ob man es mit reinem Stickstoff-
eisen zu thun hat, oder ob dasselbe noch Eisenchlorür ent-
hält. Im letzteren Falle bildet sich nämlich aus dem Eisen-
chlorür Salzsäure, welche sich mit dem gleichzeitig auftre-
tenden Ammoniak zu Salmiak vereinigt, und sich als sol-
cher bemerkbar macht. Bei der Analyse der angeführten
Proben trat entweder keine Spur Salmiak auf, oder die
als durchsichtiger Hauch sich angesetzte Menge, war so ge-
ring, daß sie vermittelst der Waage nicht bestimmt werden
konnte.

Stickstoffeisen, welches in compacten Stücken darge-
stellt wurde enthielt, wenn die Temperatur ziemlich niedrig
gehalten wurde, gewöhnlich größere Mengen unzersetzten
Eisenchlorürs. War jedoch die Temperatur eine so hohe,
daß alles Eisenchlorür sich zersetzte, so enthielt das re-
sultirende Stickstoffeisen eine viel geringere Menge Stick-
stoff und zwar war dieselbe um so kleiner, je höher die
Temperatur gesteigert wurde. Folgende Analysen, welche
von Stickstoffeisen gemacht wurden, die mittelst Eisenchlo-
rür, unabhängig von einander bei immer höherer Tempe-

ratur dargestellt wurden, liefern hierfür die nöthigen Beweise.

0,948 Grm. Stickstoffeisen verloren im Wasserstoff	
geglüht . . .	0,097 Grm. = 10,2 Proc. Stickstoff
0,989 " do. do.	0,098 " = 9,6 " "
1,056 " do. do.	0,095 " = 9,0 " "
1,083 " do. do.	0,088 " = 8,1 " "
1,3344 " do. do.	0,081 " = 6,1 " "
1,395 " do. do.	0,076 " = 5,4 " "
0,979 " do. do.	0,047 " = 4,8 " "
2,155 " do. do.	0,103 " = 4,2 " "
0,843 " do. do.	0,023 " = 2,7 " "

Ein weiterer Beleg für die durch vorstehende Analysen hinreichend bewiesene Richtigkeit der ausgesprochenen Ansicht, liefert folgender directer Versuch. Ein von Eisenchlorür freies Stickstoffeisen, welches 9,3 Proc. Stickstoff enthielt, wurde in einer Kugelhöhre in einem lebhaften Ammoniakstrom einer höheren Temperatur ausgesetzt und alsdann der Stickstoff in demselben bestimmt. 0,924 Grm. verloren 0,046 Grm. Stickstoff, entsprechend 4,99 Proc. Der Stickstoffgehalt hatte sich also um 4,31 Proc. oder fast um die Hälfte vermindert.

Aus den vorstehenden Versuchen geht deutlich hervor, daß sich das Stickstoffeisen nur bei sehr niedriger Temperatur bildet und selbst im Ammoniakstrom bei höherer Temperatur zersetzt wird. Die ungemein schwierige Darstellung des Stickstoffeisens und die von so vielen Seiten gefundene verschiedenartige Zusammensetzung desselben bei scheinbar gleicher Befolgung der Vorschrift, erklärt sich durch die merkwürdige Eigenschaft dieser Verbindung, daß ihr Entstehen an eine Temperatur geknüpft ist, welche fast an denjenigen Temperaturgrad gränzt, bei welcher sie zersetzt wird. Hierdurch ist es auch erklärt, warum Berthollet, Thenard und Savart beim starken Glühen von Eisen im Ammoniakstrom ein Stickstoffeisen erhielten, welches nur Spuren von Stickstoff enthielt.

Statt Eisenchlorür zur Darstellung des Stickstoffeisens

anzuwenden, kann man sich auch des Eisenchlorids hierzu bedienen. Die äußere Erscheinung bei der Bildung des Stickstoffeisens sind denen beim Eisenchlorür ähnlich, indem das Eisenchlorid bei erhöhter Temperatur zuerst in Eisenchlorür übergeht. Das aus dem Chlorid gebildete Stickstoffeisen hat dieselbe Zusammensetzung, denn 1,108 Grm. verloren 0,125 Grm. Stickstoff = 11,28 Proc.

Die Bildung des Stickstoffeisens erfolgt auf die Weise, daß zuerst das Ammoniak zersetzt wird. Der Wasserstoff vereinigt sich mit dem Chlor des Eisenchlorürs und bildet Salzsäure, welche ihrerseits mit einer äquivalenten Menge Ammoniak zu Salmiak zusammentritt. Das entstandene poröse Eisen vereinigt sich mit einem andern Theil Stickstoff im *Status nascendi* zu Stickstoffeisen, während der Ueberschuß des Wasserstoffs frei wird. Man kann jedoch auch annehmen, daß der Stickstoff und das Eisen beide im Entstehungsmomente sich zu NFe_4 nach folgender Formel vereinigen:



Die erstere Bildungsweise, welche durch die Formeln $\text{NH}_3 = \text{N} + \text{H}_2$; $3\text{FeCl} + 3\text{H} = 3\text{Fe} + 3\text{ClH}$ und $4\text{Fe} + \text{NH}_3 = \text{NFe}_4 + 3\text{H}$ veranschaulicht wird, scheint die wahrscheinlichere zu seyn, wobei noch besonders hervorzuheben ist, daß bei Gegenwart von Eisen das Ammoniak sehr leicht und bei sehr niedriger Temperatur zersetzt wird. Außerdem spricht hierfür auch die directe Darstellung des Stickstoffeisens aus metallischem Eisen und Ammoniak, während auf der anderen Seite die Bildung desselben aus Eisenoxyd und Ammoniak auf beide Weisen erklärt werden kann.

Die Entstehung des Stickstoffeisens aus metallischem Eisen und Ammoniak ist ferner dadurch interessant, als die Einflüsse der Temperaturdifferenzen bei der Bildung desselben genau beobachtet werden können, und dadurch besonders der Beweis geliefert wird, wie schwierig es ist größere Mengen reines Stickstoffeisen auf die eine oder andere Weise darzustellen.

Das bei diesem Versuche verwendete Eisen, wurde aus Eisenchlorür-freiem und durch längeres Erhitzen im Wasserstoffstrom vom Stickstoff vollständig befreitem Stickstoff-eisen dargestellt. Dasselbe wurde in einer Kugelhöhre so weit erhitzt, daß übergeleitetes Ammoniak eben zersetzt wurde. Das überschüssige Ammoniak wurde in eine Chlorkalciumpulver geleitet und hiervon vollständig absorbiert, während an dem auftretenden Wasserstoff und Stickstoff der Gang der Operation beobachtet werden konnte. Als auf diese Weise 2,098 Grm. Eisen verwendet wurden, nahmen dieselben an Gewicht zu:

nach 1 Stunde	0,136 Grm.	entsprechend	6,08 Proc. N.
1½ "	0,147 "	"	6,50 "
2 "	0,184 "	"	8,06 "
a) 2 "	0,155 "	"	6,88 "
2 "	0,225 "	"	9,68 "
1 "	0,233 "	"	10,00 "
1 "	0,239 "	"	10,20 "
1½ "	0,244 "	"	10,41 "
2 "	0,244 "	"	10,41 "
1½ "	0,256 "	"	10,87 "

Die unter a) aufgeführte Zahl würde erhalten, als während der angegebenen Zeit etwas stärker erhitzt wurde. Nach jedesmaligem Erhitzen wurde das Stickstoffeisen im Ammoniakstrom erkalten gelassen und hierauf das Ammoniak durch trockne Luft verdrängt. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß bei weiterem vorsichtigem Erhitzen das Stickstoffeisen die noch fehlenden 0,3 Proc. N. aufgenommen haben würde, ich habe jedoch den Versuch nicht fortgesetzt, weil der gefundene Procentgehalt hinreichend den Beweis liefert, daß das aus Eisen dargestellte Stickstoffeisen ein Eisenammonium und mit dem aus Eisenchlorür erhaltenen identisch ist.

Bei der Darstellung des Stickstoffeisens aus Eisen und Ammoniak wird letzteres somit zersetzt und der Stickstoff im *Status nascendi* von dem Eisen aufgenommen, während der Wasserstoff entweicht. Leitet man ohne die Tempe-

ratur, bei welcher sich das Stickstoffeisen gebildet hat, zu verändern Wasserstoff über dasselbe, so entweicht aller Stickstoff wieder in Form von Ammoniak und es bleibt reines Eisen zurück. Für sich erhitzt wird die größte Menge Stickstoff des Stickstoffeisens frei, in diesem Momente besitzt derselbe eine große Verbindungsfähigkeit, vor allem eine große Verwandtschaft zum Wasserstoff und vereinigt sich dieserhalb mit demselben zu Ammoniak. Es geht hieraus also hervor, daß das Stickstoffeisen bei derselben Temperatur vom Wasserstoff zersetzt wird, bei welcher es sich aus dem Ammoniak bildet, und es erklärt sich dieses eigenthümliche Verhalten leicht, wenn man die Mengenverhältnisse der einwirkenden Körper, Ammoniak und Wasserstoff in Betracht zieht. Bei der Bildung wiegt das Ammoniak bedeutend vor, und schützt das gebildete Stickstoffeisen vor der Zersetzung durch das freigewordene Wasserstoffgas, während bei Anwendung von reinem Wasserstoffgase die Verwandtschaft desselben zum Stickstoff und das Bestreben des letzteren Gasform anzunehmen, überwiegen und die Zersetzung hervorrufen. Hieraus erklärt sich auch, warum bei höherer Temperatur ein Stickstoffeisen entsteht, welches nur einige Proc. Stickstoff enthält, indem bei dieser, erstens die Verwandtschaft zwischen dem Eisen und Stickstoff geringer ist, dann aber auch bedeutende Mengen Wasserstoffgas auftreten, welche dem Ammoniak oder dem auftretendem Stickstoff das Gleichgewicht halten und dadurch denselben hindern ans Eisen zu treten.

Die Leichtigkeit mit der im Ganzen das poröse Eisen den Stickstoff des Ammoniaks aufnimmt, gibt uns ein Mittel an die Hand das reine NFe darzustellen. Man braucht nur das durch starkes Erhitzen erhaltene stickstoffarme Eisen bei niedriger Temperatur, mehrere Stunden lang im Ammoniakstrom zu erhitzen, bis die Gewichtszunahme den richtigen Procentgehalt anzeigt.

Nach Fremy (*Compt. rend. T. 52 p. 321*) soll sich freier Stickstoff mit Eisen, jedoch nur schwierig verbinden, während diese Verbindung leichter erfolgt, wenn dasselbe

im Entstehungsmomente mit dem Stickstoff zusammentritt. Hiernach soll Stickstoffeisen gebildet werden, wenn Eisenoxyd mit Kohle im Stickstoffstrom erhitzt wird, oder wenn Stickstoff und Wasserstoff gleichzeitig über erhitztes Eisenoxyd geleitet wird. Was die erstere Bildungsweise anbelangt, so habe ich aus Stickstoffeisen dargestelltes poröses Eisen viele Stunden lang, bei einer Temperatur, bei welcher sich Stickstoffeisen bilden aber nicht zersetzen konnte, in reinem trockenem Stickgase erhitzt und dadurch die Ueberzeugung gewonnen, daß nicht die geringste Spur Stickstoff von dem Eisen aufgenommen wird, letzteres vielmehr unverändert bleibt. Als Eisenoxyd in einem trocknen Stickstoff-Wasserstoffstrom mehrere Stunden lang erhitzt wurde, trat ebensowenig eine Bildung von Stickstoffeisen ein. Das bei diesem Proceß gebildete Wasser war zu allen Zeiten Ammoniakfrei und ebenso das zurückbleibende Eisen vollständig frei von Stickstoff. Hätte sich unter diesen Umständen Stickstoffeisen gebildet, so wäre es nicht unmöglich eine Ammoniakbildung beim Ueberleiten von Wasserstoffgas über glühenden Stahl zu erklären. Wäre nämlich der Stahl oberflächlich oxydirt, so könnte in diesem Falle das Oxyd mit dem Wasserstoff, wenn derselbe noch geringe Mengen Luft enthielte, zuerst Stickstoffeisen und somit nachher Ammoniak bilden. Aus den mitgetheilten Versuchen geht zur Evidenz hervor, daß freier Stickstoff durchaus nicht im Stande ist sich mit Eisen zu verbinden, selbst wenn dieses im *Status nascendi* mit dem Gase in Berührung kommt, daß vielmehr die Bildung des Stickstoffeisens abhängig ist von Stickstoff, welcher im Entstehungsmomente sich befindet und in diesem Zustande mit dem Eisen zusammentrifft. Den Versuch mit Eisenoxyd, Kohle und Wasserstoff habe ich nicht wiederholt, weil ich der festen Ueberzeugung bin, daß er dieselben negativen Resultate geliefert haben würde.

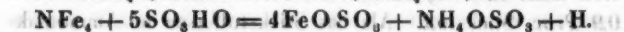
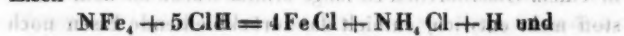
Das Stickstoffeisen wird je nach der Darstellungsweise als ein graues Pulver oder als mehr oder weniger compacte und dann gewöhnlich silberweiße Masse erhalten.

Stets ist es ungemein spröde und läßt sich zu dem feinsten Pulver zerreiben, welches in eine Gas- oder Spiritusflamme gestreut unter brilliantem Funkensprühen verbrennt. In einem schwerschmelzbaren Glasröhrchen erhitzt, zerfällt es schon bei niederer Temperatur und läßt Stickstoff entweichen. Die letzten Reste Stickstoff, werden jedoch erst bei einer Temperatur frei, die der Rothglühhitze naheliegen. Als dasselbe in der gewöhnlichen Gaslampe in einem Glasröhrchen so lange erhitzt wurde bis kein Stickstoff mehr entwich, enthielt das zurückbleibende Eisen noch 0,9 Proc. Stickstoff. Als das Stickstoffeisen im Ammoniakstrom im Platintiegel über die Gebläselampe etwa $\frac{1}{2}$ Stunde erhitzt wurde, war es vollständig frei von Stickstoff. Das Eisen mit noch 0,9 Proc. Stickstoff war weich und besaß die Eigenschaften des stickstofffreien Eisens, ein Beweis dafür, daß sich ein geringer Stickstoffgehalt nicht auf die ganze Masse vertheilt, oder daß eine so geringe Menge Stickstoff das Eisen nicht spröde macht.

Erstere Vermuthung scheint, wie schon zu Anfang erwähnt, insofern die wahrscheinlichere zu seyn, als bei der gewöhnlichen Darstellung des Stickstoffeisens bei erhöhter Temperatur es nicht schwer wird, aus der Stickstoffeisenmasse einzelne Parthien, besonders dünne Blätter, herauszusuchen, die sich biegen lassen und nicht im Mindesten mehr spröde sind.

Das beim Erhitzen des Stickstoffeisens entwickelte farblose Stickstoffgas, ist nicht geruchlos, wie man vermuthen sollte, sondern besitzt einen eigenthümlichen schwachen Geruch, welcher entfernt an den des durch hohe Temperatur zersetzten Hornes erinnert. Mit Wasser in einem Probircylinder gekocht, wird das Stickstoffeisen unter Freiwerden von Ammoniak erst nach langer Zeit und nur un erheblich zersetzt, jedoch im Wasserdampf geglüht unter Bildung von Eisenoxyduloxyd und Ammoniak leicht gespalten. Beim Erhitzen im Stickstoff verliert es seinen Stickstoff gerade so, als wenn er für sich geglüht wird, ein Versuch

der angestellt wurde um Gewissheit zu erlangen, ob vielleicht das Stickstoffeisen unter Aufnahme von Stickstoff in ein Eisenammoniak NFe_4 überzugehen im Stande sey. In Salpetersäure, Salz- und Schwefelsäure löst sich das NFe_4 leicht auf, in ersterer unter Entwicklung von Stickoxyd, in letzteren beiden Säuren unter Freiwerden von Wasserstoff und Bildung von Ammoniaksalzen. Die Menge des freiwerdenden Wasserstoffs entspricht dem vierten Atom Eisen



Letztere Formel widerspricht der Ansicht Despretz (*Annal. de Chim. et de Phys.* T. 42, p. 122), nach welcher sich beim Auflösen des Stickstoffeisens in verdünnter Schwefelsäure ausser Wasserstoff auch noch Stickstoff entwickelt, dessen Menge ungefähr 6 Proc. der Wasserstoffmenge ausmacht. Versuche die ich mit NFe_4 und verdünnter Salzsäure angestellt habe, beweisen jedoch, dass dasselbe nach der aufgestellten Formel zerlegt wird, und dass dem entsprechend, auch ohne directen Versuch, bei der Gleichwerthigkeit der verdünnten Schwefelsäure angenommen werden muss, dass bei Anwendung dieser, aller Stickstoff in Ammoniak übergeführt wird.

Bei der Anwendung von Salzsäure habe ich mich auf folgende Weise hiervon überzeugt. Ein Stickstoffeisen, welches 9,2 Proc. Stickstoff enthielt, wurde in Salzsäure gelöst, zur Lösung ein Ueberschuss von Kalihydrat gesetzt und hierauf das freigewordene Ammoniak durch Destillation abgetrieben und in Salzsäure aufgefangen. In dieser Lösung wurde das Ammoniak auf gewöhnliche Weise mittelst Platinchlorid bestimmt und der Stickstoffgehalt zu 9,1 Proc. aus dem Platinsalmiak berechnet. Das Stickstoffeisen muss nach den mitgetheilten Ergebnissen und wie schon hervorgehoben wurde, als ein Eisenammonium betrachtet werden. Fremy hat für dasselbe die Formel NFe_4 aufgestellt, eine Annahme, die jedoch um so weniger gerechtfertigt ist, als das Eisen in dieser Verbindung die Stelle

des Wasserstoffs spielt, dann aber auch andere Metallverbindungen von ähnlicher Zusammensetzung bekannt sind, so unter andern des von Dr. Weil dargestellte Tetramercurammoniumoxyd und das Chlorid des Tetramercurammoniums. Das Eisenchlorür-Ammoniak kann hierhin gerechnet und betrachtet werden, als ein Chlorammonium, worin das vierte Atom Wasserstoff durch Eisen vertreten ist.

Aehnlich den Quecksilberverbindungen sollte man vermuthen, daß auch das Tetraferammonium fähig sey sich mit elektronegativen Körpern zu verbinden, allein directe Versuche haben dieses nicht bestätigt. Von verdünnten Säuren wissen wir, daß sie sich mit dem Stickstoffeisen gerade so verbinden, als wenn das Eisen im reinen Zustande vorhanden sey. Interessant war es hiernach zu untersuchen, welches Verhalten Chlor, Brom und Iod dem Stickstoffeisen gegenüber zeigen, zu welchem Zwecke dasselbe theils im fein gepulverten Zustande, theils in festen Stücken der Einwirkung dieser Körper ausgesetzt wurde. Als Stickstoffeisen und Iod, beide im feinvertheilten Zustande, mit Wasser 24 Stunden in Berührung gelassen wurde, war ersteres unverändert geblieben und zeigte, nachdem das Iod durch Auflösen in Alkohol entfernt worden war, alle seine charakteristischen Eigenschaften. Mit Brom und Wasser zusammengebracht bildet es ebenfalls keine Verbindung mit diesem, ebensowenig enthält die wässerige Bromlösung Eisen im gelösten Zustande. Das zurückbleibende Stickstoffeisen verändert jedoch hierbei seine Farbe und sieht stahlgrau aus. Gewaschen, verhält es sich wie gewöhnliches Stickstoffeisen und ist frei von Brom. Im getrockneten Zustande auf dem Platinbleche erhitzt, entzündet es sich und verglimmt wie Zunder. Erhitzt man das Stickstoffeisen mit Brom und Wasser, so verbindet sich das Brom mit dem Eisen unter Entwicklung von Wasserstoff. Kocht man nachher die Lösung so lange bis aller Brom verjagt ist und übersättigt mit Kalilauge, so entwickelt sich unter Abscheidung von Eisenoxydhydrat, Ammoniak, ein Beweis, daß auch bei dieser Zersetzung der Stickstoff als Ammo-

niak ausgeschieden wird. Gegen frisch bereitetes Chlorwasser, verhält sich das Stickstoffeisen wie gegen Brom. Bei gewöhnlicher Temperatur wird es nicht angegriffen, bei höherer aber energisch unter Wasserstoffentwicklung und Bildung von Ammoniak gelöst. Ob aller Stickstoff als Ammoniak ausgeschieden wird, habe ich nicht untersucht, es ist aber nicht wahrscheinlich, da sicher, wenn es der Fall wäre, das überschüssige Brom und Chlor zersetzend einwirken würden. Es können demnach, wie aus diesen Versuchen hervorgeht, auf die beschriebene Weise kein Iod, Brom und Chlorverbindungen des NFe , erzeugt werden, auch entsteht, wie ich anderweit vermuthete bei der Zersetzung, unter Bildung von Iod, Brom oder Chloreisen kein Iod, Brom oder Chlorstickstoff, was bei der Verbindungsfähigkeit des Stickstoffs im *Status nascendi* nicht unwahrscheinlich erschien.

Eigenthümlich erscheint die Zersetzung des Stickstoffeisens durch wässeriges Chlor und Brom bei höherer Temperatur unter Bildung von großen Mengen Wasserstoffs. Auf den ersten Blick sollte man glauben, es würde sich Chloreisen unter Freiwerden von Stickstoff bilden $NFe + 6Cl = 2Fe, Cl_3 + N$. Die Erscheinung erklärt sich aber durch die Annahme, daß in einer wässerigen Chlor- oder Bromlösung bei höherer Temperatur und vielleicht bei Gegenwart von Eisen oder ähnlichen Körpern das Chlor und Brom aufgefaßt werden muß, als mit dem Wasserstoff des Wassers, zu Salzsäure oder Bromwasserstoffsäure und mit dem Sauerstoff desselben zu unterchloriger Säure oder einer höheren Sauerstoffstufe des Chlors und Broms verbunden. Das Zersetzende des Chlorwasser, z. B. ist dann die Salzsäure, wodurch dann gleichzeitig die Ammoniakbildung erklärt wird. Für diese Annahme spricht die Beobachtung, daß sich das Stickstoffeisen und ebenso das reine Eisen in Chlorwasser stets als Eisenchlorür löst und später in Eisenchlorid übergeht, während beim Erhitzen des Eisens im Chlorstrom gleich Eisenchlorid gebildet wird.

Das beim Erhitzen des Stickstoffeisen im Wasserstoff-

gas zurückbleibende Eisen hat eine silberweiße Farbe, ist glänzend, ungemein dehnbar und so weich, daß es sich in dicken Stücken mit einem gewöhnlichen Messer ohne große Mühe schneiden läßt. In Säuren ist es, ohne Rückstand zu lassen, löslich und ist überhaupt das reinste, bisjetzt dargestellte Eisen. Das specifische Gewicht wurde zu 6,03 bestimmt. An der Luft oxydirt es sich leichter als gewöhnliches Eisen, dasselbe geschieht auch, nur viel rascher, wenn es im feuchten Zustande auf 100 bis 120° erhitzt wird. Es besitzt ferner die Eigenschaft, Wasser in nicht unerheblicher Menge auf seiner Oberfläche zu condensiren, wenn es in gewöhnlicher Luft liegt; ein gleiches Verhalten zeigt auch das Stickstoffeisen. Alle übrigen Eigenschaften stimmen mit denjenigen des gewöhnlichen Eisens überein.

Indem ich das Stickstoffeisen speciell verlasse, wende ich mich jetzt wieder zur Stahlbildung und deren Theorie und will die von Fremy aufgestellten Ansichten über Stahlbildung einer kurzen Betrachtung unterziehen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der dem Stickstoffeisen zukommenden Eigenschaften.

Nach Fremy geht das Stickstoffeisen mit Kohle geglüht in eine metallische Masse über, welche sich durch Ablöschen härten läßt und frei von Stickstoff ist. Diese Angabe ist vollkommen richtig und harmonirt mit der Eigenschaft des Stickstoffeisens, daß es bei höherer Temperatur seinen Stickstoff vollständig verliert und im gelockerten Zustande dem Kohlenstoff den Eintritt gestattet. Anders verhält es sich mit der Behauptung, daß Eisen im Leuchtgas erhitzt keinen Stahl bilde, daß aber derselbe durch diesen Proceß aus Stickstoffeisen leicht entstehe und ebenso aus reinem Eisen, wenn dasselbe in Leuchtgas und Ammoniak gleichzeitig geglüht wird. Das Stickstoffeisen zersetzt sich bei der Rothglühhitze vollständig, selbst wenn es im Ammoniakstrom erhitzt wird. Die Zersetzungstemperatur liegt daher unter derjenigen, bei welcher sich der Kohlenstoff und der Stickstoff unter gewissen Bedingungen mit einander verbinden und es ist daher nicht anzunehmen, daß der Stickstoff des

Stickstoffeisen mit dem Kohlenstoff des Leuchtgases eine Verbindung eingehe und das Eisen in Stahl verwandele. Bei der Behandlung des reinen Eisens in der Glühhitze mit Ammoniak und Leuchtgas, kann allerdings, wie Fremy behauptet, eine Masse zurückbleiben die stahlartige Eigenschaften besitzt und im Wasserstoffstrom erhitzt Ammoniak liefert, aber diese Masse ist kein Stahl, sondern es ist ein kohlehaltiges Eisen, welches eine gewisse Menge Stickstoff als Stickstoffeisen enthält. Das kohlehaltige Eisen absorbiert, im Ammoniakstrom erhitzt, auch eine bestimmte Menge Stickstoff, proportional der Temperatur und was die Absorptionszeit anbelangt proportional der Dichte des Eisens. In diesem Eisen ist dann der Stickstoff nicht mit dem Kohlenstoff verbunden zu betrachten und er tritt durchaus nicht stahlbildend auf. Bei der gleichzeitigen Anwendung von Ammoniak und Leuchtgas in hoher Temperatur, kann es nicht befremden, daß das Eisen in Stahl übergeht, indem sich bei diesem Proceß Cyanammonium bildet, welches vornehmlich die Eigenschaft besitzt stahlbildend zu wirken, wie dieses zuerst von Gay-Lussac von dem Cyangas speciell nachgewiesen wurde; welches über glühendes Eisen geleitet in Kohlenstoff und Stickstoff zerfiel, von welchem ersterer das Eisen spröde macht. Nach ihm, wurde von Stein (Polyt. Centralblatt 1851; S. 897) besonders hervorgehoben, daß das Eisen in Cyangas oder in Cyankalium geglüht in Stahl übergehe, und später von Caron der directe Beweis geliefert, daß das Eisen dann stets leicht in Stahl übergeführt wird, wenn ihm im glühenden Zustande flüchtige Cyanverbindungen geboten werden, sey es in fertiger Form oder im Momente der Entstehung (*Ann. de Chim. et de Phys.* T. 60 p. 210). Er fand, daß sich ein Gemenge von Kohle und kohlensaurer Baryt vorzüglich zur Cementation eignet, wenn dasselbe unter Luftzutritt mit Eisen geglüht wird. In diesem Falle tritt Cyanbaryum stahlbildend auf. Da nach Caron's und Rammeisberg's Untersuchungen, der Stahl sowohl, als das besonders zur Stahldarstellung verwendete Roheisen, frei von

Stickstoff ist, so muß das Cyan als eine Substanz angesehen werden, welche in besonders hohem Grade befähigt ist, seinen Kohlenstoff an das Eisen abzugeben, hingegen nicht befähigt seinen Stickstoff dem Eisen einzuverleihen, weil die Zersetzung des Cyans bei einer Temperatur erfolgt, bei welcher die Affinität des Eisens zum Stickstoff vollständig aufgehört hat.

Nach Fremy zersetzt sich der Stahl im glühenden Zustande im Wasserstoffstrom auf bekannte Weise und es ist dieser der vorgeschriebene Weg den Stickstoff nachzuweisen. Hiernach müßte sich also die hypothetische Kohlenstickstoffverbindung, die cyanartige Eigenschaften haben soll, mit Wasserstoff zerlegen, eine Annahme, die jedoch nicht bewiesen ist und nicht bewiesen werden kann. Das Cyan zersetzt sich selbst bei Gegenwart des Wasserstoffs, erst bei sehr hoher Temperatur und es ist mit Bestimmtheit anzunehmen, daß eine mehr Kohlenstoff haltende Substanz, als welche die von Fremy behauptete ohne Zweifel angenommen werden muß, eine noch höhere Temperatur bedarf, um in ihre Bestandtheile zu zerfallen, wie dieses bei stickstoffhaltigen organischen Materien begründet ist, die selbst in der höchsten Temperatur eine stickstoffhaltige Kohle zurücklassen. Das Stickstoffeisen zerfällt aber bei einer Temperatur, die kaum die Schmelzhitze des Bleies übersteigt, wenn es mit Wasserstoff in Berührung kommt, und das Gleiche ist auch beim Stahl und Roheisen nach Fremy der Fall. Hiernach müßten also, wenn der Stickstoff ein wesentlicher Bestandtheil des Stahles ist, durch Wasserstoff die Eigenschaften desselben bei der Glühhitze aufgehoben werden, wie dieses zuerst von Caron hervorgerufen wurde. Derselbe fand jedoch, daß der Stahl in trockenem Wasserstoff geglüht sich nicht im Mindesten verändert, sondern alle seine Eigenschaften behält.

Chevreul, welcher Fremy's Ansicht theilt, erklärt die Stahlbildung durch Cämentation dahin, daß sich aus dem Eisen und Ammoniak zuerst Stickstoffeisen bilde, welches letztere durch die nachher auftretenden Kohlenwasser-

stoffe zersetzt werden, indem der größte Theil des Stickstoffs sich mit dem Wasserstoff der Kohlenwasserstoffe zu Ammoniak oder Cyanammonium verbinde und das zurückbleibende wenig Stickstoff haltende Stickstoffeisen mit Kohle zu Stahl zusammentrete. Ohne auf diese schön zurecht gelegten Ideen näher einzugehen, mag hier nochmals als Gegenbeweis desselben hervorgehoben werden, daß sich ein geringer Stickstoffgehalt in einem Eisen nicht auf die ganze Eisenmasse gleichmäßig vertheilt, sondern stets als NFe_4 ungleichmäßig vertheilt vorhanden ist. Bei der Darstellung des Puddel- und Schmiedestahls, welche beide aus einem kohlereichen Eisen durch vollständige Schmelzung und gleichzeitiger Oxydation eines Theiles Kohlenstoff gewonnen werden, mit Chevreul anzunehmen, daß der Stickstoff direct aus der Luft aufgenommen werde, widerspricht ebenfalls dem Verhalten des Eisens, welches weder bei hoher noch niedriger Temperatur Stickstoff aufzunehmen im Stande ist, ebenso aber auch dem von Fremy selbst angestellten Versuche mit Stickstoffeisen, welches in einem Kohlentiegel geschmolzen, seines ganzen Stickstoffgehaltes beraubt wird.

Fasst man sämtliche Resultate der vielfältigen Untersuchungen, welche sich auf den Stickstoffgehalt des Stahles oder des Eisens beziehen, zusammen, so geht daraus hervor, daß es an Beweisen für das Vorhandenseyn des Stickstoffs fehlt, noch mehr aber an Beweisen für die Nothwendigkeit des Stickstoffs als stahlbildender Körper, wie dieses auch durch viele neuere Untersuchungen, so von Morveau, Margueritte, Caron und Anderen bewiesen ist, aus welchen unzweideutig hervorgeht, daß das Eisen in Stahl überzugehen im Stande ist, wenn es mit völlig stickstofffreien Substanzen in der Glühhitze zusammengebracht wird, daß aber auf der anderen Seite die flüchtigen Cyanverbindungen als für die Stahlbildung besonders geeignete Körper zu betrachten sind.

Berlin, Laboratorium des Königl. Gewerbe-Institutes.

III. *Bestätigung des elektrolytischen Gesetzes im Fall der Strom eine äussere Wirkung ausübt;* *von Hrn. J. L. Soret.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Bibl. univ.* 1864 *Année* 1^{re}.)

Um gemäß der mechanischen Wärmetheorie zu erklären wie der elektrische Strom ausserhalb der Kette, in welcher sich derselbe bewegt, eine Wirkung, z. B. eine mechanische Arbeit oder einen Inductionstrom hervorbringe, hat man ein Hypothese zu Hülfe gezogen, die von Hrn. Helmholtz, HH. Scoresby und Joule, Hrn. Clausius und anderen Physikern aufgestellt worden ist. Dieselbe lässt sich folgendermassen ausdrücken:

Wenn der Strom keine äussere Wirkung ausübt, so ist die in der Kette entwickelte Wärme äquivalent der gesamten Wärme, die von der in der Säule stattfindenden chemischen Action verausgabt wird ²⁾. Diese chemische Action ist ihrerseits, gemäß dem elektrolytischen Gesetz, proportional der Intensität des Stroms.

Uebt dagegen der Strom eine äussere Action aus, so nimmt seine Intensität und demzufolge die chemische Action ab. Die von der Säule verausgabte gesamte Wärmemenge wird also proportional der Intensität verringert seyn.

1) Diese Abhandlung ist eine Fortsetzung der früheren des Verfassers: *Sur la corrélation de l'électricité dynamique et des autres forces physiques* (*Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, T. XIV et XV, et *Archives de la Bibl. univ.* T. XXXVI (1857) p. 38 et 123, et T. IV (1859) p. 66.)

2) Nach den Versuchen des Hrn. P. A. Favre und des Hrn. Raoult ist dieß Gesetz, so ausgedrückt, nicht immer richtig. Bei der Daniell'schen Säule scheint es richtig zu seyn; allein bei anderen Säulen würde ein constanter Antheil der geleisteten Arbeit nicht unter der Form eines elektrischen Stroms erscheinen, sondern sich unmittelbar in der Säule unter der Form von Wärme entwickeln. Indefs, wenn der Antheil dieser letzten Wärmemenge wirklich constant ist, ändert er nichts am Raisonement. Es kommt darauf zurück, die Säule als eine von geringerer elektromotorischer Kraft zu betrachten.

Allein man weiß, daß die von einem Strom in einem Leiter entwickelte Wärme proportional ist dem Quadrat der Intensität; folglich muß die in der Kette entwickelte Wärme proportional dem Quadrat der Intensität abgenommen haben, während die verausgabte Wärme nur proportional der einfachen Intensität verringert wird. Mithin ist die in der Kette entwickelte Wärme nicht mehr äquivalent der Gesamtheit der der chemischen Action entsprechenden Wärme und der Unterschied stellt die ausgeübte äußere Arbeit dar.

Die verschiedenen bisher hierüber angestellten experimentellen Untersuchungen z. B. die von Hrn. P. A. Favre, Hrn. Leroux, Hrn. Matteucci und mir, stimmen im Allgemeinen mit dieser Hypothese. Dessenungeachtet ist der experimentelle Beweis derselben noch nicht vollständig.

Insbesondere setzt diese Auslegung voraus, daß das elektrolytische Gesetz richtig bleibe, im Fall der Strom eine äußere Arbeit ausübt. Diefes ist meines Wissens noch nicht auf eine genaue Weise bewiesen worden¹⁾; daher habe ich einen solchen Beweis nicht für überflüssig gehalten und einen Vergleich der Intensität mit der Quantität der chemischen Action, wenn der Strom eine äußere Wirkung ausübt, unternommen.

Die am häufigsten von mir angewandte Methode zur Messung der Quantität der chemischen Action bestand darin, daß das Gewicht des auf einen in Kupfervitriol getauchten Streifen oder Platindraht abgelagerten Kupfers bestimmt wurde. Schon in meinen früheren Arbeiten über das elektrolytische Gesetz²⁾ hatte ich von diesem Verfahren Gebrauch gemacht und die Mittel angegeben, es sehr genau zu

1) In einer Arbeit, die zum Zweck hatte, das mechanische Wärme-Äquivalent mittelst eines elektromagnetischen Motors zu bestimmen, ist Hr. Matteucci zu Resultaten gelangt, die nicht alle mit dem elektrolytischen Gesetze übereinstimmen; allein der geschickte italienische Physiker schließt daraus nicht auf Unrichtigkeit des elektrolytischen Gesetzes, sondern giebt deutlich an, daß er die Abweichungen eigenthümlichen störenden Ursachen zuschreibe.

2) Man sehe: *Archives*, T. XXVII (1854) p. 113 und T. XXIX (1855) p. 265.

machen, Mittel, welche hauptsächlich darin bestanden, sehr reinen Kupfervitriol und Elektroden von kleiner Oberfläche zu nehmen.

Seitdem haben andere Physiker sich mit der Elektrolyse des schwefelsauren Kupferoxyds beschäftigt¹⁾, und gefunden, daß selbst wenn die Flüssigkeit neutral ist und die positive Elektrode aus Kupfer besteht, das Gewicht des Niederschlags auf der negativen Elektrode etwas geringer ist, als man normal erhalten müßte. Diese Fehlerquelle ist sehr klein, wenn die Elektroden von geringer Oberfläche sind. Hr. A. Perrot schätzt ihn auf $\frac{1}{4}$ Milligramm pro Stunde und 100 Quadratcentimeter Oberfläche. Wenn man zwei Platin-Elektroden anwendet, wird die Flüssigkeit sauer und es entwickelt sich Sauerstoff an der positiven Elektrode. Unter diesen Umständen muß die Menge des abgelagerten Kupfers, welche sich wieder löst, größer seyn als bei einer positiven Elektrode von Kupfer. Ich habe eine Reihe von Bestimmungen gemacht, um zu sehen, welchen Werth diese Fehlerquelle unter verschiedenen Umständen haben würde. Ich erkannte, daß außer dem Einfluß der Dauer des Versuchs und der Oberfläche der Elektrode, das Verhältniß des sich wieder lösenden Kupfers noch von einigen anderen Umständen abhängt. Zuerst nimmt es zu mit der Temperatur, bei welcher man arbeitet. Zweitens ist diese Wirkung desto größer, je beträchtlicher die Menge des im Elektrolyten gelösten Sauerstoffs wird. Als ich z. B. eine Platinplatte zur positiven Elektrode nahm, war das Gewicht des Niederschlags geringer als wenn der Sauerstoff sich an einem Platindraht entwickelte. Hat nämlich die Elektrode eine große Oberfläche, so erscheint der Sauerstoff in Gestalt sehr kleiner Blasen, die lange am Metall haften bleiben, so daß das Gas sich leicht im Elektrolyten löst. Ebenso findet man beim Vergleiche der Niederschläge in zwei mit Kupfervitriollösung versehenen Voltametern, von denen das eine schon zu einem Versuche

1) Siehe die Abhandlung des Hrn. V. Dupré (*Archives T. XXXV* (1857) p. 98) und die des Hrn. Perrot (*Compt. rend.* 1859 Juli 4).

gedient hat, das andere aber frische Flüssigkeit enthält, daß der Kupferniederschlag in dem ersten Voltameter geringer ist als in dem zweiten.

Diese Fehlerquelle ist übrigens immer klein. Bei einem Voltameter mit reinem Kupfervitriol und zwei Platindrähten als Elektroden, kann man das sich wieder auflösende Kupfer auf etwa 0,1 Milligrm. pro Stunde anschlagen¹⁾.

Bei den weiterhin angeführten Versuchen war diese Fehlerquelle allemal, wenn ein Voltameter mit zwei Platindrähten in der Kette befindlich war, durchaus unmerklich wegen der kurzen Dauer des Versuchs (fast immer eine Stunde, niemals mehr als zwei). Insbesondere versicherte man sich, daß, wenn man zwei Voltameter in die Kette brachte, eins, in welchem die negative Elektrode aus einem bloßen Draht bestand, während in dem anderen die Elektrode aus zwei Drähten gebildet war, d. h. die dop-

- 1) Leicht ersichtlich ist, daß diese Fehlerquelle keinen merklichen Einfluß hatte auf die Resultate, zu welchen ich in meinen Abhandlungen über das elektrolytische Gesetz gelangt bin. Bei den Bestimmungen, welche Gegenstand meiner ersten Arbeit ausmachten (*Archives*, T. XXVII (1854) p. 113) handelte es sich hauptsächlich um den Vergleich der Gewichte des metallischen Niederschlags in zwei Kupfervitriollösungen, die entweder durch Concentration oder durch Gehalt an Säure oder anderen Salzen verschieden waren. Die Versuche dauerten gewöhnlich nur zwei bis drei Stunden; der auf 0,1 Milligrm. stündlich abgeschätzte Fehler trat daher in die Gränzen der Unsicherheit der Wägungen. Ueberdies mußte in jedem der beiden Voltameter eine analoge Wirkung entstehen; und es ist also nur der Unterschied dieser fast schon unmerklichen Wirkungen, welcher auf die Resultate von Einfluß seyn konnte. — In einer zweiten Abhandlung (*Archives*, T. XXIX (1855) p. 265) verglich ich die durch die Elektrolyse getrennten Gewichte von Kupfer, Wasserstoff und Silber; die Versuche hatten im Allgemeinen nur kurze Dauer und bei denen, die am längsten dauerten, erneute man mitten im Versuch den Kupfervitriol, was die Fehlerquelle verminderte. Wenn man übrigens an den erlangten Resultaten die Berichtigung von stündlich 0,1 Millgrm. anbringt, so ist die Bestätigung des elektrolytischen Gesetzes noch angenäherter, mit Ausnahme jedoch des letzten Vergleichs von Kupfer und Wasserstoff, bei welchem Versuch der Apparat, der schon lange gebraucht worden, wahrscheinlich etwas verlor.

pelte Oberfläche darbot, man niemals einen Gewichtsunterschied erhielt.

Bei anderen Versuchen maß ich die chemische Action nicht mittelst eines in die Kette eingeschalteten Voltameters, sondern durch Bestimmung des in der Säule selbst abgelagerten Kupfers. Ich gebrauchte ein Daniell'sches Element, in welchem die gewöhnliche Kupferplatte durch eine Platinplatte ersetzt war. In diesem Fall war die Fläche auf welche der Niederschlag sich ablagerte, größer; doch überstieg sie niemals 12 Quadratcentimeter. Da unter diesen Umständen keine Sauerstoff-Entwicklung stattfindet und die Flüssigkeit neutral bleibt, so kann man der Schätzung des Hrn. Perrot, den begangenen Fehler auf $\frac{1}{4} \times 100 = 0,03$ Mllgrm. pro Stunde, die gewöhnliche Dauer des Versuchs, veranschlagen. Ueberdies sorgte man immer dafür, die Bestimmungen, welche mit dem eine äußere Wirkung ausübenden Strom gemacht waren, zu vergleichen mit anderen Bestimmungen, welche unter ähnlichen Umständen mit einem continuirlichen Strom angestellt wurden.

Ich glaube also, daß diese Methode eine mehr als hinlängliche Genauigkeit besitzt.

Zur Messung der Intensität des Stroms bediente ich mich einer Sinusbusssole, verfertigt zu Paris von Hrn. Ruhmkorff. Diefes Instrument kann auch als Tangentenbusssole gebraucht werden, allein ich finde, daß es für diesen Fall nicht hinlänglich genau ist.

Um eine äußere Wirkung von einiger Kräftigkeit zu erhalten, kann man sich nicht eines continuirlichen Stromes bedienen; der Strom muß durch einen Unterbrecher abwechselnd geschlossen und geöffnet werden. Wenn diese Abwechselung von Durchgängen und Pausen des Stroms rasch aufeinander folgen und der Apparat regelmäsig geht, so nimmt die Bussolnadel eine stabile Lage an und ihre Ablenkung mißt die mittlere Intensität des discontinuirlichen Stroms.

Diese Ablenkung beobachtete man von zwei zu zwei Minuten, während der ganzen Dauer des Versuchs; das

Mittel aus diesen Beobachtungen gab das Maafs der mittleren Intensität. Bei einem continuirlichen Strom genügte es, alle vier Minuten zu beobachten, weil seine Intensitätsveränderungen langsamer und viel regelmässiger waren.

Was die Erzeugung der äusseren Arbeit betrifft, so kommt es nicht darauf an, dass ihr absoluter Werth gross sey, sondern darauf, dass das Verhältniss der äusseren Arbeit zur gesammten Arbeit beträchtlich sey. Um die Prüfung unter guten Umständen vorzunehmen, muss das Verhältniss der verausgabten Wärme, die sich in äussere Arbeit umwandelt, beträchtlich seyn.

Zu dem Ende habe ich fast immer vom Ruhmkorff'schen Apparat Gebrauch macht. Jedoch habe ich auch einige Versuche mit elektro-magnetischen Motoren angestellt; allein diese Apparate haben das Ueble, dass sie im Allgemeinen den Gebrauch einer ziemlich starken Säule erfordern. Wenn die Einrichtung der Maschine den Gebrauch einer Säule von einem einzigen Element erlaubt, so muss man diesem eine grosse Oberfläche geben, und dann hält es schwer, das Gewicht des in diesem Elemente abgelagerten Kupfers mit Genauigkeit zu bestimmen. Besteht die Säule aus mehren Elementen hintereinander, so verliert die Messung der chemischen Gesamtwirkung gleichfalls an Genauigkeit. In der That, worauf hat man zu achten bei dieser Prüfung des elektrolytischen Gesetzes? Man hat zu sehen, ob die chemische Gesamtwirkung in demselben Maasse abnehme wie die Intensität, sobald der Strom eine äussere Wirkung ausübt. Nun ist die chemische Wirkung gemessen in einem Element nur ein Quotient der chemischen Gesamtwirkung aller Elemente. Die Empfindlichkeit ist also desto geringer, je grösser die Zahl der Elemente ist.

Dagegen ist es bei dem Ruhmkorff'schen Apparat nicht nöthig, einen mächtigen Strom anzuwenden, um eine relativ bedeutende äussere Wirkung zu erhalten. Der Widerstand der primären Kette ist schwach; man kann also wenn man es wünscht, sich eines einzigen Elementes von

so kleinen Dimensionen bedienen, daß eine genaue Bestimmung der chemischen Wirkung möglich ist.

Um den Coëfficienten des Apparates zu bestimmen, machte ich viele Versuche unter Anwendung continuirlicher Ströme von verschiedener Intensität. Diese Versuche wurden eingeschoben zwischen die, bei denen unter übrigens identischen Umständen, eine äußere Wirkung ausgeübt ward. Jeder Reihe von Bestimmungen in dem Fall der Erzeugung einer äußeren Arbeit entsprach also eine Reihe mit einem continuirlichen Strom gemachter Versuche und das Mittel daraus gab den Coëfficient des Apparats.

Betrachtet man die Gesammtheit jeder Reihe von diesen mit einem continuirlichen Strom gemachten Versuchen so erkennt man, daß die Resultate übereinstimmend sind. Das Gewicht des Kupferniederschlags, direct bei jedem Versuch durch Wägung erhalten, weicht höchstens um etwa ein halbes Milligrm. von dem ab, welches aus der Intensität und dem vom Mittel der Versuche der Reihe gegebenen Coëfficienten berechnet ist. Man kann daraus schließen, daß diese Methode hinreichend genau ist, und überdies bestätigen diese Versuche die Genauigkeit des elektrolytischen Gesetzes für den Fall, daß der Strom continuirlich ist.

Schreiten wir jetzt zu den mit einem discontinuirlichen Strom angestellten Versuchen.

Bei einer ersten Reihe von Versuchen bestand die Kette aus einer Batterie von 4 bis 6 großen Daniell'schen Elementen, einem Voltameter mit zwei Platindrähten als Elektroden in Kupfervitriollösung, einer Bussole und einem großen Ruhmkorff'schen Apparat, versehen mit seinem Quecksilberunterbrecher. Bei dieser Einrichtung ist der Widerstand sehr groß und daraus folgt, daß die kleinen Unregelmäßigkeiten im Gange des Quecksilber-Unterbrechers meistens unmerklich sind; die Bussolnadel ist so stabil, daß man die Ablenkung beobachten kann. Allein zugleich ist die äußere Wirkung, wie sich voraussehen liefs, sehr klein in Bezug auf die geleistete Gesamt-Arbeit. Den Be-

weis davon hat man in der Kleinheit der Intensitäts-Variationen, welche der Strom erleidet, wenn man ihn eine äußere Arbeit thun läßt oder nicht.

Die mit dem elektrolytischen Gesetz übereinkommenden Resultate dieser Versuche beweisen also nur, daß die Discontinuität, abgesehen von der äußeren Wirkung, die sie zu Folge haben kann, keine Störung herbeiführt, und daß die mittlere Ablenkung der Bussolnadel, wie man annimmt, ein Maafs der mittleren Intensität des discontinuirlichen Stromes ist.

Um zu erkennen, ob die Erzeugung einer äußeren Wirkung einen Einfluß ausübe, muß man die äußere Arbeit relativ bedeutender machen; und zu dem Ende muß man den Widerstand verringern, das Voltameter mit Kupfervitriol fortnehmen, die Batterie auf ein einziges Element von kleinen Dimensionen reduciren und die chemische Wirkung durch Bestimmung des Gewichtes des in diesem Elemente selbst abgelagerten Kupfers messen.

Bei dieser neuen Einrichtung des Apparates ist die Regelmäßigkeit des Quecksilber-Unterbrechers nicht mehr genügend; sehr selten zeigt sich die Bussolnadel so stabil, daß man ihre Ablenkung messen könnte. Ich mußte daher auf den Gebrauch dieses Unterbrechers verzichten und ihn durch einen mit gezahntem Rade ersetzen. Das Rad war von Messing, hatte 80 Zähne und eine horizontale Axe, die sich über einem kleinen mit Alkohol gefülltem Blechgefäße befand. Der untere Theil des Rades tauchte in den Alkohol und eine vom Boden des Gefäßes sich erhebende Platinfeder drückte gegen die Zähne des Rades, welches durch eine elektro-magnetische Maschine in Bewegung gesetzt wurde. Die Unterbrechungen des Stromes geschahen daher unter dem Alkohol.

Für Untersuchungen, wie die vorliegenden, ist dieser Unterbrecher weit vorzüglicher als der Quecksilber-Unterbrecher und zwar aus zwei Gründen. Zuerst erlangt man, selbst wenn der Widerstand gering ist, eine hinreichende Stabilität der Bussolnadel, um ihre Ablenkung messen zu können. Indefs ist die Nadel bei weitem nicht so ruhig

als bei Anwendung eines continuirlichen Stroms und die Genauigkeit der Bestimmungen daher merklich geringer. Zweitens folgen die Unterbrechungen viel rascher auf einander; leicht erhält man 3 bis 4000 in der Minute. Daraus folgt, daß die äußere Wirkung bedeutend vergrößert ist, so daß die Intensitäts-Variationen, welche der Strom erleidet, wenn man die äußere Wirkung abändert oder unterdrückt, ungemein bedeutend sind. So z. B. stieg die Intensität vom Einfachen fast aufs Doppelte, wenn man die vorher offene Inductionsrolle des Ruhmkorff'schen Apparates schloß.

Hierauf machte man Versuche bald bei geschlossener, bald bei offener Inductionsrolle dieses Apparates. Im ersten Fall ist die Intensität des primären Stromes stärker; die äußere Arbeit besteht hauptsächlich aus inducirten Strömen; im zweiten ist die Intensität schwächer, die inducirten Ströme pflanzen sich nicht fort, aber in dem Unterbrecher sind die Funken stärker. Man hat also zwei verschiedene Erzeugungsarten von äußerer Arbeit. Die folgende Tafel enthält die gewonnenen Resultate. Die erste Columne enthält die direct durch Wägung gefundene Gewichte des Kupfers; die zweite das Gewicht desselben, berechnet aus der gemessenen Intensität und nach dem Coëfficienten des Apparates, der durch eine mit einem continuirlichen Strom angestellte parallele Versuchsreihe bestimmt worden war. Alle Versuche hatten eine gleiche Dauer (eine Stunde), so, daß die Gewichte des abgelagerten Kupfers zugleich das Maas der Intensität angeben.

Gewichte des abgelagerten Kupfers.

Gefunden	Berechnet	Unterschied	
gram	gram	gram	
0,1683	0,1685	- 0,0002	Inductionsrolle geschlossen
0,1381	0,1380	+ 0,0001	
0,1322	0,1321	+ 0,0001	
0,1065	0,1072	- 0,0007	
0,0921	0,0915	+ 0,0006	Inductionsrolle offen
0,0896	0,0897	- 0,0001	
0,0890	0,0900	- 0,0010	
0,0717	0,0717	- 0,0000	

Wie man sieht, sind die Unterschiede zwischen den berechneten und den beobachteten Gewichten außerordentlich klein. Diese Resultate scheinen mir also, was das Gewicht des Kupferniederschlags betrifft, die Richtigkeit des elektrolytischen Gesetzes außer Zweifel zu setzen.

Ich habe auch gesucht, die chemische Action durch die Menge des gelösten elektro-positiven Metalls zu bestimmen. Allein es ist mir weder mit reinem, noch mit amalgamirtem Zink gelungen, Resultate von einiger Genauigkeit zu erhalten; immer war die locale Action zu groß, um sie vernachlässigen, und zu unregelmäßig, um sie berechnen zu können. Mit dem Kadmium gelang es mir etwas besser; aber die Resultate boten doch bei weitem nicht die Genauigkeit dar, welche man durch Wägung des Kupferniederschlags erreicht. Kadmiumplatten, amalgamirt oder nicht, werden bei Eintauchung in verschiedene Flüssigkeiten selbst dann angegriffen, wenn die Kette nicht geschlossen ist, und diese locale Action ist verschieden nicht nur bei jeder Platte, sondern auch nach dem Zustand der Oberfläche des Metalls. Das beste Verfahren, die Berichtigung wegen dieser Fehlerquelle zu ermitteln, besteht, wie ich gefunden darin, daß man mit einer selben Platte successive drei Bestimmungen macht unter Anwendung erstens eines continuirlichen Stroms, zweitens eines discontinuirlichen Stroms mit Erzeugung äußerer Arbeit, und drittens wiederum eines continuirlichen Stromes. Bei jeder dieser drei Operationen bestimmt man das Gewicht des im Elemente abgelagerten Kupfers und des aufgelösten Kadmiums. Wenn keine örtliche Wirkung stattfände, müßten diese Gewichte, dem elektrolytischen Gesetz zufolge, in dem Verhältniß der chemischen Aequivalente des Kupfers und des Kadmiums stehen. Der Unterschied zwischen dem direct gefundenen und dem aus dem Kupferniederschlag berechneten Kadmiumgewicht mässe also die locale Wirkung bei der ersten und dritten Bestimmung. Ich nahm an, daß das Mittel die locale Action vorstelle, welche das Kadmium bei der zweiten Bestimmung erlitt.

Statt der Säule diene ein kleines Element bestehend

aus einer Kadmiumpatte in gesäuertem Wasser und einer Platinplatte in Kupfervitriollösung. Es war nicht nöthig die Intensität an der Bussole zu messen, da die vorhergehenden Versuche gezeigt hatten, daß das Gewicht des Kupferniederschlags allemal proportional ist der Intensität. Bei jeder Bestimmung unterhielt man den Strom eine Stunde lang.

Die Resultate dieser Reihe sind in folgender Tafel enthalten. Sie giebt in der vierten Spalte, für jeden Versuch, den Werth der Berichtigung, erhalten, wie gesagt, mittelst der beiden mit den continuirlichen Strom gemachten Bestimmungen, deren unmittelbare Resultate nicht in der Tafel angegeben sind.

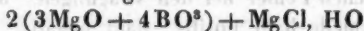
Gewicht des gelösten Kadmiiums			Werth der Berich- tigung	Bemerkungen	
Gefunden und be- richtigt	Berechnet aus dem Kupfergewicht	Unter- schied			
gram	gram	gram	gram		
0,1883	0,1876	+ 0,0007	0,0093	} Induct.strom geschlossen	} Platten nicht amalg.
0,2120	0,2075	+ 0,0045	0,0049		
0,1596	0,1622	- 0,0026	0,0105	} do.	} Platten amalgamirt
0,1668	0,1679	- 0,0011	0,0117		
0,1581	0,1543	+ 0,0038	0,0182		
0,1636	0,1676	- 0,0040	0,0122		
0,1867	0,1876	- 0,0009	0,0105	} do.	
0,0972	0,0981	- 0,0009	0,0105		
				Induct.strom offen	

Man sieht, die Unterschiede zwischen den berechneten und beobachteten Gewichten sind gewöhnlich viel größer als die möglichen Fehler bei den Wägungen. Jedoch sind diese Unterschiede bald positiv, bald negativ, und nichts deutet darauf, daß die Erzeugung einer äußeren Wirkung begleitet sey von einer Aenderung im Verhältniß des gelösten elektro-positiven Metalls. Ich glaube demnach, daß man auch diese Resultate als eine Bestätigung der Richtigkeit des elektrolytischen Gesetzes für den Fall, daß der Strom eine äußere Arbeit thut, ansehen kann.

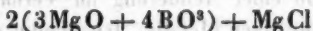
IV. Ueber den Stafsfurtit; von Dr. A. Steinbeck.

Die in neuerer Zeit vom Hrn. Bergrath Bischof herausgegebene Schrift: »Die Steinsalzwerke bei Stafsfurt« enthält S. 36 eine von der bisher anerkannten, durch die umfassenden Untersuchungen des Hrn. Heintz und Sievert¹⁾ begründeten Formel für die chemische Constitution des Stafsfurtit abweichende Annahme, insofern Hr. Bergrath Bischof die Existenz jenes Aequivalentes Wasser in dem vom löslichen Chlormagnesiumhydrat befreiten Stafsfurtit nicht anerkennt, welches den HH. Heintz und Sievert Veranlassung zu der Behauptung giebt, dafs der Stafsfurtit nicht eine dimorphe Form des Lüneburger Boracit, sondern vielmehr ein wasserhaltiger Boracit sey.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes und mit Berücksichtigung des Umstandes, dafs die vorgenannten Analytiker den fraglichen Wassergehalt des ausgewaschenen Stafsfurtit nur auf indirectem Wege ermittelten, erschien es dem Verfasser angemessen, die Untersuchungen über den Wassergehalt des Stafsfurtit nach *directer Methode* auszuführen und so die noch streitige Frage der Entscheidung näher zu führen, ob der mit heifsem Wasser ausgewaschene, von dem löslichen Chlormagnesiumhydrat befreite Stafsfurtit 1 Aequivalent chemisch gebundenes Wasser enthalte, wie Heintz und Sievert gemäß der Formel



annehmen, oder ob ihm wie dem Lüneburger Boracit nach Bischof die Formel



zukomme.

Behufs Darstellung des zur Ausführung der Untersuchung erforderlichen Materials wurde der Stafsfurtit, wie er aus der Grube kommt, gröblich zerkleint und mit hei-

1) Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften Bd. 13.

fsem destillirtem Wasser der Art behandelt, dafs die durch Auflösung des Chlormagnesiumhydrat sich bildenden feinsten Theilchen abgeschlämmt werden konnten. Die abgeschlämmte Masse wurde wiederholt mit destillirtem Wasser ausgekocht und schliesslich auf ein Filter gebracht, auf welchem das Auswaschen so lange fortgesetzt wurde, bis einige Tropfen des Filtrats auf Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd nur noch eine ganz schwache Opalisirung erzeugten. Das gänzliche Verschwinden dieser Reaction des Waschwassers ist beim Auswaschen des Stafsfurtit niemals zu erreichen, da derselbe in Wasser nicht absolut unlöslich ist.

Dafs Borsäure in Lösung geht, ist leicht nachzuweisen, wenn man etwa 100 CC. der letzten Waschwasser in einer Porzellanschale zur Trockniß dampft, den Rückstand mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt, Alkohol hinzufügt und denselben anzündet, worauf die charakteristische grüne Borsäurefärbung der Weingeistflamme erscheint.

Um das Verhalten des solchergestalt ausgewaschenen Stafsfurtit beim Glühen für sich im Platintiegel kennen zu lernen, wurden 1,3564 Grm. Substanz anfangs bis zum beginnenden Rothglühen des Tiegels und später bei der höchsten Hitze, welche mit einer Berzeliuslampe hervorzubringen ist, längere Zeit geglüht. Es ergaben sich hierbei folgende Resultate:

Vor dem Glühen wog die bei 110° getrocknete Substanz im Tiegel:	20,7944	
Nach $\frac{1}{2}$ stünd. Erhitzen bis zur beginnenden Rothgluth wog das Ganze	20,7934	Verlust also: 0,001 Gr. = 0,0737 Proc.
Nach fernerer $\frac{1}{2}$ stünd. schwacher Erhitzung	20,7932	0,0012 » = 0,0884 »
Nach $\frac{1}{2}$ stünd. stärkstem Rothglühen	20,7626	0,0318 » = 2,3444 »
desgl.	20,7456	0,0488 » = 3,5977 »
desgl.	20,7308	0,0636 » = 4,6888 »
desgl.	20,7142	0,0802 » = 5,9127 »
desgl.	20,7033	0,0911 » = 6,7089 »
desgl.	20,6910	0,1034 » = 7,6231 »
Nach 1 stünd. stärkstem Rothglühen	20,6820	0,1124 » = 8,2866 »
desgl.	20,6788	0,1156 » = 8,5225 »
desgl.	20,6628	0,1316 » = 9,7021 »

Aus diesen Resultaten geht hervor, dafs der ausgewaschene Stafsfurtit erst bei der stärksten Rothglühhitze einen wesentlichen Verlust erleidet.

Da neben der Verwandlung des Chlormagnesiums in Magnesia auch eine Verflüchtigung von Borsäure stattfand, welche sich als ein weißer Anflug an der inneren Seite des Platindeckels abgesetzt hatte und die Borsäureaction mit Curcumapapier zu erkennen gab, so hätten durch weitere Fortsetzung dieser Versuchsreihe noch höhere Verlustprocente nachgewiesen werden können, was aber ohne Interesse war. Der gegläute Stafsurtit hatte seine weiße Farbe unverändert beibehalten, war jedoch etwas zusammengebacken.

Um nun bei der Wasserbestimmung und der dazu erforderlichen Erhitzung des Stafsurtit die Entweichung des Chlors und der Borsäure zu verhindern, wurde derselbe mit frisch ausgeglühtem Bleioxyd gemengt. In Betreff der Bereitung des geglähten Bleioxyds ist zu erwähnen, daß das käufliche mit nicht unbedeutenden Mengen Kohlensäure behaftete Bleioxyd zuerst fein aufgerieben und dann in kleinen Portionen im Platintiegel bei stetem Umwenden einer starken Rothglühhitze ausgesetzt wurde, so daß das feine Pulver in zusammengesinterten Massen resultirte, welche sofort nach der Erkaltung im Achatmörser fein gerieben und bis zur Verwendung beständig unter dem Exsiccator aufbewahrt wurden. Trotz dieser sorgfältigen Bereitung erwies sich das Bleioxyd bei einer Vorprüfung doch nicht vollständig frei von allen flüchtigen Bestandtheilen, indem 1,9623 Gr. bei 110° getrocknetes Bleioxyd nach dem Glühen bis zur erfolgten Schmelzung einen Gewichtsverlust von 0,0051 Gr. = 0,26 Proc. erlitten.

Es ist dieses Umstandes an dieser Stelle deshalb besonders Erwähnung gethan, weil hierdurch ersichtlich wird, zu welchen irrigen Resultaten die Wasserbestimmung auf indirectem Wege durch Bestimmung des *Gewichtsverlustes* des mit ausgeglühtem Bleioxyd gemengten Stafsurtit führen kann.

Behufs Ausführung der Wasserbestimmung wurde folgende Vorkehrung getroffen: ein Aspirator führte einen Luftstrom zur Trocknung der Luft durch eine Schwefel-

säureflasche und ein U-förmiges Chlorcalciumrohr, woran sich eine Kugelhöhre anschloß, die zur Aufnahme der zu untersuchenden Substanz bestimmt war. Mit der Kugelhöhre stand unmittelbar das zur Aufnahme des aus dem Stäfsfurtit auszutreibenden Wassers bestimmte und gewogene Chlorcalciumrohr in Verbindung, worauf der Aspirator das Ganze beschloß. Da die in die Kugelhöhre eingetragene Substanz zunächst bei 120° C. getrocknet werden mußte, so war ein Trockenapparat gewöhnlicher Construction zur Aufnahme der Kugelhöhre hergerichtet, so daß während der Erhitzung des Trockenapparates ein constanter trockner Luftstrom durch die Kugelhöhre geleitet werden konnte.

Obgleich der so zusammengesetzte Apparat sich als vollkommen luftdicht erwies, so wurde dennoch vor Beginn der Versuche zur Beseitigung des Bedenkens, daß die durch den Apparat streichende Luft nicht vollkommen wasserfrei sey, während mehrerer Stunden Luft durch den Apparat geleitet. Nach Beendigung dieses Vorversuches hatte die zuvor gewogene Chlorcalciumröhre nicht um $\frac{1}{10}$ Milligramm. zugenommen, so daß hierdurch die vollständige Trockenheit der Luft bewiesen war.

Da eine innige Menge des Stäfsfurtit mit dem ausgeglühten Bleioxyd innerhalb der Kugelhöhre nicht ausführbar war, so wurde zunächst ein inniges Gemisch beider Substanzen im größeren Maafsstabe dargestellt, indem abgewogene Quantitäten beider Körper im Achatmörser durcheinander gerieben wurden, bis sich durchaus keine weißen Stäfsfurtitmassen vom gelben Bleioxyd unterscheiden ließen. Dieses beständig unter dem Exsiccator aufbewahrte Gemisch war das Material der Untersuchung und bestand aus:

7,0198	Grm. Stäfsfurtit
45,9923	Grm. Bleioxyd
53,0121	Grm. in Summa

oder aus:

13,2418	Proc. Stäfsfurtit
86,7581	Proc. Bleioxyd

Nachdem von diesem Gemisch in die zuvor gewogene Kugelhöhre, deren Gummiröhrenverbindungen ebenso wie die der Chlorcalciumröhre während der Wägung durch kleine Glasstäbchen geschlossen wurden, eingetragen und selbiges bei 120° C. bis zur Uebereinstimmung zweier Wägungen getrocknet war, begann der eigentliche Versuch: durch allmähliche Erhitzung bis zur Schmelzung des Inhalts der Kugelhöhre das Wasser des Stafsurtit zu entbinden und durch einen langsamen trocknen Luftstrom in die gewogene Chlorcalciumröhre überzuführen.

Beim *ersten Versuch* betrug das in der Kugelhöhre bei 120° C. getrocknete Gemisch von Stafsurtit und Bleioxyd 10,3542 Gr. worin 13,2418 Proc. = 1,3711 Gr. Stafsurtit. Bevor das Bleioxyd die ihm beim Erhitzen charakteristische braune Farbe angenommen hatte, war ein schwacher Anflug von Wasser in dem zum Chlorcalcium führenden Theil der Kugelhöhre bemerkbar; dieser Umstand bewies, daß schon unter der Rotglühhitze Wasser aus dem bei 120° C. getrockneten Gemisch ausgetrieben wurde und gab Veranlassung, bei den folgenden Versuchen die Substanz vor der Schmelzung bei verschiedenen Temperaturen zwischen 120° und 250° zu erhitzen, um festzustellen, welche Quantitäten Wasser unter 250° aus dem Stafsurtit ausgetrieben werden können.

Nachdem der Inhalt der Kugelhöhre bei diesem Versuch geschmolzen war, zeigte sich in dem zum Chlorcalciumrohr führenden Theil der Kugelhöhre in unmittelbarer Nähe der Kugel ein weißer sehr schwer flüchtiger ringförmiger Anflug, welcher wegen seiner geringen Masse nicht näher untersucht werden konnte und wahrscheinlich aus Borsäure bestand. Die Gewichtszunahme des Chlorcalciumrohrs betrug 0,0083 Gr. also auf 1,3711 Gr. Stafsurtit:
= 0,6053 Proc. Wasser.

Zu bemerken ist, daß bei diesem wie den folgenden Versuchen die Kugel trotz des vorsichtigsten allmählichen Erhaltens ihres Inhaltes nach der Schmelzung nicht vor dem Zerspringen bewahrt werden konnte, so daß eine den

Gewichtsverlust des Gemisches nach der Schmelzung angegebende Wägung der Kugelhöhre nicht mit Sicherheit auszuführen war.

Bei den folgenden Versuchen, deren Resultate der Uebersichtlichkeit wegen tabellarisch zusammengestellt sind, wurde das Gemisch, nachdem es bei 120° C. in der Kugelhöhre getrocknet war, 1½ Stunden bei den Temperaturen von 150°, 185°, 220°, und 250° C. im Trockenapparat unter beständiger Ueberleitung eines langsamen Stroms trockener Luft erhitzt und dann erst geschmolzen.

Da die Versuche I bis IV mit einem Gemenge ange stellt wurden; in welchem sich Mineralsubstanz von einer größeren Stafsfurtitknohle befand, so wurde, um auch ein anderes Stück Mineral in gleicher Weise zu untersuchen, eine neue Menge Stafsfurtit im natürlichen Zustande ausgewaschen und ebenso nach dem Trocknen mit ausgeglühtem Bleioxyd gemengt, wie weiter oben beschrieben worden.

Dieses Gemisch bestand aus:

0,8336 Grm. ausgewasch. Stafsfurtit
und 4,3882 Grm. Bleioxyd
5,2218 Grm. in Summa

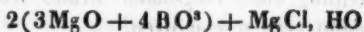
und enthält 15,9638 Proc. Stafsfurtit.

Die Resultate waren folgende:

Bezeichnung des Versuchs	Angewendete Menge des Gemisches von ausgewaschenem Stafsfurtit und Bleioxyd	Absolute Menge des ausgewaschenen Stafsfurtit	Aus dem bei 120° getrockneten Gemenge wurde Wasser ausgetrieben, berechnet in Procenten auf die zum Versuch angewendete Menge ausgewaschenen Stafsfurtit, bei					
			150° C.	185° C.	220° C.	250° C.	nach der Schmelzung	in Summa
	Gr.	Gr.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.
I	10,3542	1,3711	—	—	—	—	0,6053	0,6053
II	9,958	1,3186	0	0,3033	0,0455	0,1365	0,1061	0,5915
III	8,0611	1,0674	0	0,3374	0	0,1030	0,1498	0,5902
IV	7,2234	0,9565	0	0,1359	0,3032	0,0418	0,1045	0,5854
V	5,149	0,822	0	0,1460	0,3644	0	0,1216	0,6326
Durchschnitt							0,1205	0,601

Die übereinstimmenden Resultate vorstehender Versuche beweisen, daß der bei 120° getrocknete und ausgewaschene

Staßfurtit noch etwas Wasser enthält, wie dieß ein qualitativer Versuch auch leicht beweist, und daß dieses Wasser im Gesamtbetrage von 0,601 Proc. zum größten Theil (0,481 Proc.) zwischen 200 bis 250° C. ausgetrieben werden kann, während das zwischen 250° C. bis zur Schmelzung des Gemenges entweichende Wasser im Mittel der vier letzten Versuche nur 0,1205 Proc. beträgt. Da aber 1 Aeq. chemisch gebundenes Wasser im Staßfurtit nach der Formel



2 Proc. Wasser erfordert und die im Staßfurtit vorhandenen 0,601 Proc. Wasser zum größten Theil bei 250° C. entbunden werden, so liegt die Erklärung nahe, daß jene 0,601 Proc. Wasser durch Einschluss von Mutterlauge in den mikroskopischen prismatischen Kryställchen, aus welchen, wie schon G. Rose bemerkt, der Staßfurtit besteht, beim Auswaschen zurückgehalten werden.

Daß das zwischen Krystalllamellen eingeschlossene Mutterlauge Wasser, als welches die im Staßfurtit enthaltenen 0,601 Proc. Wasser anzusprechen seyn dürften, erst bei sehr hoher Temperatur ausgetrieben wird, beweist das in den Kochsalzkrystallen sehr energisch zurückgehaltene Decrepitationswasser, welches nach Bischof (siehe Karsten's Archiv Bd. 23, S. 619) erst bei 180 bis 200° R. ausgetrieben wird.

Berücksichtigt man schliesslich den Umstand, daß auch der krystallisirte, von allen Gyps sorgfältig befreite Lüneburger Boracit geringe Mengen Wasser enthält, wie Hr. Prof. Heintz im Februarheft S. 109 der Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften angiebt, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß eine Verschiedenheit in der chemischen Constitution zwischen dem ausgewaschenen Staßfurtit und dem Lüneburger Boracit nicht besteht und ersterer als eine dimorphe Form des Boracit anzusehen ist.

Eisleben, 27. Jan. 1865.

V. Ueber die Bestimmung der Kohlensäure im Leuchtgase; von Fr. Rüdorff.

Bei einigen Versuchen, welche ich mit dem Leuchtgase anstellte, war es mir wünschenswerth den Kohlensäuregehalt desselben mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Da sich die sonst wohl zu diesem Zweck gebräuchlichen Methoden als unzuverlässig herausstellten und da mir der zu gasometrischen Bestimmungen dienende Bunsen'sche Apparat nicht zu Gebote stand, so war ich genöthigt mich nach einem andern zweckentsprechenden Wege umzusehen. Folgende Methode hat mich zum Ziele geführt und dürfte dieselbe überall da Anwendung finden, wo es sich darum handelt kleine Mengen Kohlensäure in einem Gasgemenge auf sichere und wenig umständliche Weise zu bestimmen.

Das Princip der Methode besteht darin, daß ich die Kohlensäure durch concentrirte Kalilauge absorbiren lasse und die verschwundene Kohlensäure durch ein gleiches Volumen Kalilauge ersetze. Der Apparat, dessen ich mich zu diesem Zwecke bediente, besteht aus einem dreihalsigen Glasgefäß *GG* Fig. 1 Taf. I. In dem ersten Tubulus ist ein mit Indigolösung gefülltes Manometer *M* mit Millimeter-scale befestigt, um den im Gefäß *GG* stattfindenden Druck ablesen zu können. Der zweite Tubulus ist mit doppelt durchbohrtem Kork verschlossen, durch welchen zwei mit Hähnen versehene Glasröhren führen, um den Apparat mit dem zu untersuchenden Gase zu füllen. Der dritte Tubulus enthält eine in Cubikcentimeter getheilte Hahnpipette *P*, die mit Kalilauge gefüllt wurde. Um den Einfluß der Temperaturveränderungen zu beseitigen, wurde das Glasgefäß mit Wasser von der Temperatur des Zimmers umgeben. Durch vorläufig angestellte Versuche überzeugte ich mich, das ein in dem umgebenden Wasser und ein im Innern angebrachtes Thermometer nach höchstens 3 Minuten denselben Stand annahmen, und das im Wasser befind-

liche Thermometer gab die Gewißheit, daß sich die Temperatur desselben während der Dauer eines Versuches nicht geändert hatte. Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, daß der Apparat völlig luftdicht war, wie man leicht an dem unveränderten Stande des Manometers *M*, mochte die Luft in dem Apparate etwas verdichtet oder verdünnt seyn, sehen konnte.

Der Inhalt des Glasgefäßes wurde durch Wägen desselben mit und ohne Wasser bestimmt und zu 880 CC. gefunden. Nachdem der Apparat durch längeres Durchleiten mit dem kohlen säurehaltigen Gase gefüllt war, wurden die Hähne geschlossen und zwar der Hahn am Ableitungsrohr zuerst, dann der am Zuleitungsrohr, so daß das Gas sich unter einem den Atmosphärendruck wenig überragenden Druck befand. Als die Temperatur des Gases und des umgebenden Wassers nach 3 bis 4 Minuten dieselbe geworden war, wurde der eine Hahn für einen Augenblick geöffnet, um soviel Gas ausströmen zu lassen, daß der Druck im Innern gleich dem der Atmosphäre wurde; das gleiche Niveau der Flüssigkeit im Manometer zeigte, daß dieß der Fall war. Darauf wurden durch vorsichtiges Oeffnen des Hahnes aus der Pipette einige Tropfen Kalilauge in das Gefäß *GG* gelassen. Im ersten Augenblick stieg der Druck im Innern durch die zugelassene Flüssigkeit, verminderte sich aber sehr bald, da die Kohlensäure absorbiert wurde, wie dieses aus dem Stande des Manometers zu ersehen war. In dem Maafse, wie die Absorption der Kohlensäure voranschritt, wurde neue Kalilauge zugelassen, so daß die Flüssigkeit im Manometer auf fast gleicher Höhe gehalten wurde. Gegen Ende des Versuchs wurde einige Minuten gewartet und der verminderte Druck durch zugelassene Kalilauge wieder hergestellt. Die absorbierte Kohlensäure war also durch Kalilauge ersetzt und das Volumen derselben konnte an der Pipette abgelesen werden.

Um mir ein Urtheil über den Grad der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Methode zu verschaffen, füllte ich den Apparat mit einem Gemenge von Wasserstoff und Kohlen-

säure von bekanntem Gehalt. Die Mischung dieser Gase geschah in einem Glockengasometer, wie solches wohl zur Bestimmung des specifischen Gewichtes des Leuchtgases durch Messung der Ausflusgeschwindigkeit benutzt wird. Durch das Sinken der Glocke wird durch in einander greifende Räder ein Zeiger in Bewegung gesetzt, an welchem man sehr kleine Bruchtheile des Inhalts der Glocke messen kann. Man liest $\frac{1}{3600}$ Cubikfuß direct ab. Da der Inhalt des Gefäßes GG 880 CC. betrug, so waren für ein Gasgemenge, welches 1, 2, 3 etc. Proc. Kohlensäure enthielt, 1, 2, 3... $\times 8,8$ CC. Kalilauge erforderlich um die absorbirte Kohlensäure durch diese Flüssigkeit zu ersetzen. Die folgende Tabelle enthält einige der angestellten Messungen. Die Columnne I enthält den Procentgehalt an Kohlensäure, II die verbrauchte und III die berechnete Menge Kalilauge.

I.	II.	III.
1 Proc. CO ²	8,7 CC.	8,8 CC.
2 " "	17,8 "	17,6 "
3 " "	26,8 "	26,4 "
4 " "	35,1 "	35,2 "

Es leuchtet ein, daß der Apparat nur anwendbar ist, wenn es sich um die Bestimmung kleiner Mengen Kohlensäure in einem Gasgemenge handelt, wie es ja bei unserm Leuchtgase der Fall ist. Daß die andern Bestandtheile des Leuchtgases von keinem merklichen Einfluß auf die Bestimmung der Kohlensäure sind, davon habe ich mich durch directe Versuche überzeugt, indem ich zu vollständig von Kohlensäure befreitem Leuchtgase, kleine Mengen Kohlensäure hinzusetzte, die gefundenen und berechneten Mengen stimmten ebenso befriedigend, wie in dem obigen Beispiel.

Was nun einige hinter einander ausgeführten Messungen der Kohlensäure im Leuchtgase selbst betrifft, so erhielt ich Werthe, welche nur um ein sehr Geringes von einander abweichen. In drei Versuchen gebrauchte ich folgende Mengen Kalilauge, welchen der nebenstehende Procentgehalt an Kohlensäure entspricht:

12,0 CC. Kali	=	1,36 Proc. CO ²
12,1 " " "	=	1,37 " "
11,8 " " "	=	1,34 " "

Die mitgetheilten Messungen zeigen wohl hinreichend die Genauigkeit der Methode, die sich außerdem noch durch leichte und rasche Ausführung empfiehlt.

VI. Ueber mehrere Verbindungen des fünffach Chlorantimons; von Rudolph Weber.

Das Antimonsuperchlorid, die der Antimonsäure entsprechende Chlorverbindung dieses Metalls, läßt sich direct mit mehreren Körpern zu Verbindungen vereinigen, welche zum Theil krystallisirt und beständiger als das genannte Superchlorid sind. H. Rose ¹⁾ beschrieb eine Verbindung desselben mit Chlorschwefel, Klein ²⁾ zeigte, daß das Chlorid mit Blausäure und Chloreyan sich verbinden kann, der Verf. ³⁾ stellte eine Verbindung des fünffach Chlorantimons mit chlorsalpetriger Säure dar.

Die nachstehend beschriebenen Körper bestehen aus Verbindungen des fünffach Chlorantimons mit Chlorphosphor, Phosphoroxychlorid, Chlorselen, Chlorschwefel und Wasser.

Fünffach Chlorantimon-Chlorphosphor.

Diese Verbindung entsteht, wenn man dreifach Chlorantimon mit einem Ueberschusse von fünffach Chlorphosphor erhitzt. Das Phosphorsuperchlorid verbindet sich nicht mit dem Antimonchloride, sondern giebt an dasselbe Chlor

1) Pogg. Ann. Bd. 42, S. 532.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 74, S. 85.

3) Pogg. Ann. Bd. 123, S. 347.

ab, es destillirt dreifach Chlorphosphor über und das dabei entstandene Antimonsuperchlorid vereinigt sich mit unverändertem fünffach Chlorphosphor zu einem gelben Körper, welcher, da er sich schwerer verflüchtigt als die Verbindungen aus denen er entstanden ist, sich von einem Ueberschuss derselben durch Erhitzen leicht isoliren läßt. Die von den flüchtigeren Gemengtheilen befreite Verbindung der Chloride verbleibt in dem Glasrohre als eine sehr poröse, schwammige, gelbe Masse; sie zieht an der Luft liegend schnell Wasser an, ist nicht schmelzbar, verflüchtigt sich aber beim stärkeren Erhitzen.

Dieselbe Verbindung wird erhalten, wenn man fünffach Chlorphosphor und Antimonsuperchlorid vermischt und bis zur Verflüchtigung des überschüssig zugefügten Chlorids das Gemenge erhitzt.

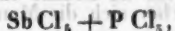
Behufs der Analyse wurde eine gewogene Menge der Substanz in Weinsteinsäure enthaltendem Wasser aufgelöst, aus der Lösung das Antimon durch Schwefelwasserstoff gefällt, darauf nach Beseitigung des überschüssigen Gases das Chlor durch Silberlösung niedergeschlagen und aus der vom Silber befreiten Flüssigkeit die Phosphorsäure durch Magnesiamixtur abgeschieden. Es ergaben sich folgende Resultate:

Substanz,	Schwefelantimon,	Chlorsilber,	phosphor.	Magnesia.
1,527	0,616	4,284	0,350	
0,735	0,293	2,100	0,163	
1,952	0,800	5,570	0,432	
1,416	0,577	3,951	0,304	

Hiernach berechnet sich die procentische Zusammensetzung dieser Substanz folgendermaßen:

Antimon:	24,20	23,92	24,63	24,45
Chlor:	69,20	70,47	70,38	68,82
Phosphor:	6,42	6,21	6,18	6,01
	<u>99,82</u>	<u>100,60</u>	<u>101,19</u>	<u>99,28</u>

Diese Zahlenwerthe führen zu der Formel:



welche erfordert:

Antimon	23,72
Chlor	70,11
Phosphor	6,17
	<u>100,00.</u>

Fünffach Chlorantimon-Phosphoroxychlorid.

Phosphorchlorid verbindet sich mit dem Antimonsuperchloride zu einer weißen, krystallinischen, an der Luft zerfließlichen Substanz, wenn man die genannten Körper vermischt. Möglichst rein erhält man diese Verbindung, wenn man zu dem Antimonsuperchloride das Phosphoroxychlorid im Ueberschufs fügt und dann die sich ausscheidende, von letzterer Flüssigkeit durchtränkte Masse auf einen getrockneten Ziegelstein unter eine Glocke neben Schwefelsäure und Kalk bringt, woselbst das überschüssige Phosphoroxychlorid durch Eindringen in den Stein und durch Verdunsten entfernt wird.

Die Untersuchung dieser Substanz wurde genau wie die der eben beschriebenen durchgeführt; es ergaben sich folgende Zahlenwerthe:

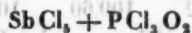
Substanz,	Schwefelantimon,	Chlorsilber,	Phosphors.	Magnesia.
1,412	0,593	3,586	0,385	
1,357	0,565	3,433	0,370	
1,460	0,610	3,640	0,397	
1,567	0,660	3,875	0,418	

Auf 100 Theile der Verbindung kommen hiernach:

Antimon:	25,02	24,98	25,07	25,25
Chlor:	62,65	62,41	61,50	61,40
Phosphor:	7,63	7,62	7,61	7,46.

Der Rest ist Sauerstoff.

Die Zusammensetzung dieses Körpers wird durch die Formel:



ausgedrückt, nach welcher sich die Menge der in derselben enthaltenen Elemente berechnet:

Antimon	26,62
Chlor	62,91
Phosphor	6,92
Sauerstoff	3,55
	<hr/> 100,00

Antimonsuperchlorid - Chlorselen.

Diese Verbindung läßt sich schwieriger als die eben beschriebenen im reinen Zustande darstellen. Nach vielen Versuchen erwies sich folgender Weg als der geeignetste: Man vereinigt zunächst, indem man auf schmelzendes Antimon Selen wirft, beide Körper in dem Verhältniß, daß auf 2 Aequiv. Selen etwas mehr als 1 Aequiv. Antimon kommt und unterwirft die erkaltete Masse, welche als ein Gemisch von dreifach Selenantimon mit Antimonmetall zu betrachten ist, in einem Kölbchen der Einwirkung von trockenem Chlor. Durch geeigneten Verschluss wird die Feuchtigkeit der Luft abgehalten. Es erzeugt sich zuerst eine braune Flüssigkeit, welche unter fortgesetzter Einwirkung des Chlors in eine weißliche, an der Luft rauchende Masse sich verwandelt. Dieselbe enthält die in Rede stehende Verbindung neben unverbundenem Antimonsuperchlorid. Um letzteres abzusondern, wird die Masse auf einen Ziegelstein gelegt und mit diesem unter eine Glocke neben Schwefelsäure gebracht. Das unverbundene Chlorantimon wird von dem porösen Steine aufgenommen.

Die Verbindung bildet ein gelblichweißes, trocknes Pulver, welches an der Luft äußerst rasch zerfließt, in Wasser sofort sich auflöst. Es ist nicht unzersetzt flüchtig und läßt sich, wenn bei der Darstellung desselben Selen im Ueberschuss angewendet wurde, von dem beigemischten Chlorselen nicht trennen.

Die Analyse dieser Substanz erfolgte der Art, daß aus der mit Weinstensäure-haltigem Wasser erzeugten, mit etwas Salzsäure versetzten Auflösung derselben das Selen durch schwefligsaures Ammoniak abgeschieden, darauf das Antimon, nachdem die schweflige Säure durch Kochen ent-

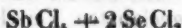
fernt worden, als Schwefelantimon gefällt wurde. Zur Ermittlung des Chlorgehalts wurde aus der nur Weinsäure enthaltenden Lösung Antimon und Selen durch Schwefelwasserstoff beseitigt und sodann das Chlor als Chlorsilber gefällt. Folgende Versuchsergebnisse wurden erhalten:

Substanz,	Selen,	Schwefelantimon.
1,003	0,149	0,394
0,976	0,143	0,400
Substanz,	Chlorsilber.	
1,210	3,001	
1,370	3,420	

Hiernach kommen auf 100 Theile der Verbindung:

Selen	14,85	14,63
Antimon	23,56	24,58
Chlor	61,16	61,59

welche Zahlenwerthe zu der Formel:



führen, nach der die Zusammensetzung der Verbindung sich folgendermaßen berechnet:

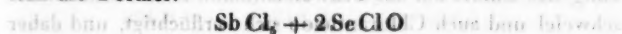
Selen	15,15
Antimon	23,20
Chlor	61,65
	<hr/> 100,00

Als ich die Untersuchung dieser Verbindung aufnahm, vermuthete ich, daß in derselben auf 1 Aequivalent SbCl_2 , 3 Aequiv. SeCl_2 gebunden seyen, denn das dreifach Selenantimon, welches beiläufig bemerkt, sehr leicht sich bildet, wenn beide Bestandtheile im entsprechenden Gewichtsverhältnisse zusammengeschmolzen werden, und welches dem geschmolzenen Schwefelantimon täuschend ähnlich ist, erzeugt mit Chlor behandelt eine pulverförmige, homogene Masse, in der natürlich Antimon und Selen im Aequivalentverhältnisse 1 : 3 enthalten sind. Zweifel darüber, daß der hierbei erzeugte Körper nicht eine nach der Formel:



zusammengesetzte Verbindung, sondern nur ein Gemisch von Chlorselen mit

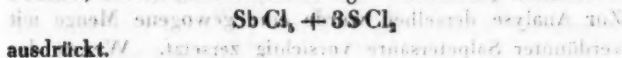
sey, entstanden, als für eine Verbindung von Selenacichlorid mit Antimonsuperchlorid (ein Glied aus einer Reihe von Körpern, über die in folgenden Hefte Näheres mitgetheilt werden wird) welche sich leichter als die in Rede stehende Verbindung im reinen Zustande darstellen läßt, sich die Formel:



ergab. In der That erwies sich dann auch, daß das Antimonsuperchlorid nur 2 Aequiv. Selenchlorid zurückhält, wenn man die Verbindung wie oben erwähnt darstellt, das Antimon vorwalten läßt und das nicht gebundene Antimonsuperchlorid nach dem mitgetheilten Verfahren von der Verbindung trennt.

Antimonsuperchlorid - Chlorschwefel.

H. Rose¹⁾ theilt mit, daß dreifach Schwefelantimon in einem Ströme von Chlor erwärmt, sich zuerst in eine braune Flüssigkeit und dann in ein weißes Pulver verwandelt, dessen Zusammensetzung er durch die Formel:



Diese Formel weicht von denjenigen, welche die Zusammensetzung der erwähnten Selenverbindungen ausdrücken, ab, ein Umstand, welcher die Wiederholung der Untersuchung über das Verhalten des Chlors zum dreifach Schwefelantimon wünschenswerth erscheinen ließe. Ich habe Versuche über die Einwirkung des Chlors auf das genannte Schwefelmetall ausgeführt und bin zu folgenden Resultaten gelangt:

Wenn man auf reines in einer Kugelhöhre befindliches Schwefelantimon getrocknetes Chlor wirken läßt, so entsteht zunächst durch Absorption des Chlors eine braune Flüssigkeit, welche später in einen weißlichen, festen Körper sich verwandelt. Hierbei erzeugt sich aber freier Chlor-

1) Pogg. Ann. Bd. 4 S. 532.

schwefel, welcher von dem Chlor theilweise aus der Kugel verflüchtigt, im Rohre abgesetzt, zum Theile aber von der erzeugten festen Verbindung aufgesogen wird. Namentlich erscheint die Partie der Verbindung, welche an der Ausgangsöffnung der Kugel sich befindet, von freiem Chlorschwefel durchfeuchtet. H. Rose bemerkt, daß bei Einwirkung des Chlors auf das Schwefelantimon stets etwas Chlorschwefel und auch Chlorantimon sich verflüchtigt, und daher 177 Th. Schwefelantimon nicht 566 Th., sondern nur 493 der Verbindung liefern. Er sah den freien Chlorschwefel als ein Zersetzungsproduct der Verbindung an.

Wenn man, nachdem sowohl Antimon als Schwefel in Chloride verwandelt worden sind, das Chlor noch weiter auf die Masse wirken läßt, dabei gelinde erwärmt, die Substanz durch Schütteln der Kugelhöhle zerkleinert, so wird der Inhalt heller und bildet schließlicb kein am Glase haltendes, sondern ein trocknes Pulver. Dieses ist die nun von beigemischtem Chlorschwefel befreite Verbindung. Dieselbe wird vom Wasser heftig zersetzt; sie löst sich in verdünnter Salpetersäure ohne Ausscheidung von Schwefel. Zur Analyse derselben wurde eine gewogene Menge mit verdünnter Salpetersäure vorsichtig zersetzt. Wegen der heftigen Wirkung der Säure auf die Substanz darf man das die Probe enthaltende Glasröhrchen nicht in die Flüssigkeit legen, sondern man muß es mit der Oeffnung unter dieselbe tauchen, und die Substanz in kleinen Partien nur in die Säure gelangen lassen. Aus der erhaltenen Lösung wird in bekannter Weise entweder Antimon und Chlor, oder Schwefel bestimmt. Es ergaben:

Substanz,	Schwefelantimon,	Chlorsilber.
1,144	0,510	3,088
1,240	0,533	3,370
	schwefels. Baryt.	
1,285	0,633	
1,237	0,612	

wonach die procentische Zusammensetzung sich folgendermaßen berechnet:

	I.	II.
Antimon	26,74	25,88
Schwefel	6,80	6,93
Chlor	66,60	67,03
	<u>100,14</u>	<u>99,84</u>

Die beiden zur Analyse verwendeten Producte wurden mittelst verschiedener Proben von Schwefelantimon bereitet.

Vergleicht man diese Werthe mit denen, welche beziehlich nach den beiden Formeln:

	$\text{SbCl}_3 + 2\text{SCl}_2$	$\text{SbCl}_3 + 3\text{SCl}_2$
Antimon	25,46	21,51
Schwefel	6,80	8,61
Chlor	67,73	69,88
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

berechnet sind, so erhellet, daß die gefundenen Werthe mit der nach der Formel:



berechneten sehr nahe übereinstimmen, und daß daher diese Formel die Zusammensetzung der Verbindung ausdrückt. Am sichersten leitet der entsprechend größere Antimongehalt zu jener Formel.

Es ist zu bemerken, daß auch die von H. Rose mitgetheilten Zahlen:

	H. Rose.
Antimon	25,67
Schwefel	7,63
Chlor	66,70
	<u>100,00</u>

mehr für diese Formel, als für die von ihm angenommene sprechen.

Der von ihm etwas größer ermittelte Gehalt an Schwefel erklärt sich leicht daraus, daß noch eine kleine Menge von freiem Chlorschwefel, der sich, wie bemerkt, durch längeres Ueberleiten von Chlor und gelindes Erwärmen entfernen läßt, der Verbindung anhaftete.

Somit drücken analoge Formeln die Zusammensetzung

der Verbindungen des Antimonsuperchlorids mit Selenchlorid, Selenachlorid und Chlorschwefel aus.

Antimonsuperchloridhydrat.

Wird Antimonsuperchlorid mit wenig Wasser zusammengebracht, so bildet sich ein krystallinisches Hydrat.

Man erhält das Hydrat dieses Chlorids im reinen Zustande, wenn man dasselbe mit so viel Wasser vermischt, als eben nöthig ist um es aufzulösen, dann die ölige Flüssigkeit unter eine Glocke neben Schwefelsäure bringt. Es bilden sich in der Lösung nach einiger Zeit Krystalle; man stößt die erzeugte Decke durch, damit der Ueberschuss des Wassers leichter verdunsten kann. Die Krystalle des Hydrats werden erst nach längerer Zeit in dem trocknen Luftraume oberflächlich trübe, sie lösen sich in wenig Wasser unzersetzt, schießen aus der Lösung im trocknen Raum wieder an. Sie zerfließen an der Luft sehr bald.

Die Analyse derselben leitet zu der Formel



Die Proben der Substanz No. I waren durch Verdunsten der Lösung des Superchlorids in Wasser, No. II durch Wiederauflösen von I und abermaliges Krystallisiren erhalten worden. Die Untersuchung erfolgte durch Ermittlung des Gehaltes der Substanz an Antimon und Chlor. Es ergaben:

	Substanz,	Schwefelantimon,	Chlorsilber.
I.	1,706	0,938	3,253
	1,776	0,975	3,383
II.	1,315	0,718	2,500
	1,346	0,725	2,561.

Hieraus folgt, daß 100 Th. der Verbindung enthalten:

	I.	II.
Antimon	32,99	32,94
Chlor	47,04	47,00
	32,76	32,32
	46,90	46,93,

dieselbe also der Formel:



entspricht, welche erfordert:

Antimon	32,50
Chlor	48,00
Wasser	19,50
	<hr/> 100,00.

Diese Werthe sind von den gefundenen nur wenig verschieden.

Das dreifach Chlorantimon bildet unter ähnlichen Umständen kein Hydrat. Wenig Wasser wird von diesem Chloride aufgenommen, ohne daß die Masse sich trübt; durch eine größere Portion Wasser tritt bekanntlich Zersetzung ein. Wird Chlorantimon, dem man bereits so viel Wasser zugesetzt hat, daß eine Trübung eingetreten ist, neben Schwefelsäure unter eine Glocke gebracht, so wird die Masse in dem Maße, als Wasser verdunstet, wieder klarer; es scheidern sich schließlicb durchsichtige Krystalle aus, welche indessen kein Hydrat, sondern reines Chlorid sind. Die Analyse derselben ergab nämlich:

Substanz,	Schwefelantimon,	Chlorsilber.
1,360	1,021	2,520
1,631	1,210	3,040

woraus die procentische Zusammensetzung der Formel:

	Sb Cl_3	
Antimon	53,70	53,00
Chlor	45,71	45,97
	<hr/> 99,41	<hr/> 98,97

entsprechend, folgt.

Ein Antimonchloridhydrat läßt sich auf diesem Wege nicht darstellen.

VII. Ueber das Farbensehen und die Theorie der Mischfarben; von C. Bohn.

Es darf als eine der bestbewiesenen Meinungen angesehen werden, daß die Zapfchen der Netzhaut die letzten licht-

empfindenden Elemente sind. Die Reizbarkeit der Netzhaut ist am größten im gelben Fleck, wo ausschließlich Zäpfchen vorhanden sind, sie ist geringer, dort, wo die Zäpfchen weniger dicht stehen, sie ist Null auf dem blinden Fleck, wo kein Zäpfchen auftritt. Der entscheidende Beweis für die Richtigkeit dieser Meinung ist jedoch erst durch Messungen herbeigeführt worden. Kölliker hat den Durchmesser der Zäpfchen im gelben Fleck zu 0,0045 bis 0,0054^{mm} bestimmt, während die Stäbchen, von demselben Forscher nur ein Drittel so dick gefunden wurden. Andererseits hat man untersucht, wie nahe zwei Lichtreize auf der Netzhaut bei einander liegen dürfen, so daß doch noch die Empfindungen gesondert bleiben, nicht zusammenfließen, indem man den kleinsten Winkelabstand zweier Punkte (Doppelsterne), welche gerade noch als zwei unterscheidbar sind, ermittelte, dann die Entfernung der Durchschnittspunkte der Schenkel dieses minimalen, mit seinem Scheitel in den hinteren Knotenpunkt des Auges gelegten Winkels, mit der Netzhaut berechnete. Man fand sie zu 0,00438 bis 0,00526^{mm}, also genau Kölliker's Zahlen für die Durchmesser der Zäpfchen (vergl. Helmholtz, physiologische Optik, S. 216). Damit aber zwei leuchtende Punkte als zwei erkannt werden, müssen wir die Discontinuität des Reizes empfinden, das heißt, es muß zwischen den gereizten Nervenelementen mindestens ein ungereiztes liegen. Vorstehende Zahlen, zusammen mit den andern Gründen sagen also aus, daß diese letzten lichtempfindenden Elemente des Nerven die Zäpfchen sind.

Wie aber ist die Artverschiedenheit der Gesichtsempfindungen zu erklären?

Th. Young hat die Meinung aufgestellt, es seyen im Auge drei Arten von Nerven vorhanden und diese seine Meinung gründet sich auf die Erfahrung, daß man aus drei passend gewählten, artverschiedenen Lichtempfindungen, das ganze Gebiet der Farbenempfindungen zusammensetzen kann. Helmholtz und Maxwell haben in neuerer Zeit diese Theorie empfohlen, Helmholtz ihr einige Modifica-

tionen und Ausführungen gegeben, so daß eine größere Zahl von Erscheinungen nach derselben erklärt werden kann. Da die Hypothese diesen Thatsachen angepaßt wurde, so kann man nicht diese Uebereinstimmung wieder als Beweis für die Richtigkeit der Annahme anrufen. Wegen dieser Thatsachen und ihrer Erklärung muß auf die Schriften von Helmholtz, namentlich die physiologische Optik verwiesen werden. Aus der Hypothese läßt sich eine auffallende Folgerung gewinnen und Helmholtz hat sich bemüht nachzuweisen, daß sie mit der Erfahrung im Einklang stehe und somit eine Stütze für die Theorie gewonnen sey.

Es sey mir erlaubt zu bemerken, daß für die in Rede stehende Thatsache, eine andere Erklärungsweise nicht ganz ausgeschlossen ist. Alsdann aber werde ich zu zeigen versuchen, daß logisch richtige Ableitungen aus der Young'schen Annahme im Widerspruche mit der Erfahrung sind, jene Annahme also unhaltbar ist.

Zuvor aber theile ich mit Helmholtz's Worten (Physiolog. Optik S. 291) die Hypothese mit:

1) »Es giebt im Auge drei Arten von Nervenfasern. Reizung der ersten erregt die Empfindung des Roth, Reizung der zweiten, die des Grün, Reizung der dritten die Empfindung des Violett.«

2) »Objectives homogenes Licht erregt diese drei Arten von Fasern, je nach seiner Wellenlänge in verschiedener Stärke. Die rothempfindenden Fasern werden am stärksten erregt von dem Lichte größter Wellenlänge, die grünempfindenden von dem Lichte mittlerer Wellenlänge, die violett empfindenden von dem Lichte kleinster Wellenlänge, Indessen ist dabei nicht ausgeschlossen, muß vielmehr zur Erklärung einer Reihe von Erscheinungen angenommen werden, daß jede Spectralfarbe alle Arten von Fasern erregt, aber die einen schwach, die andern stark.«

Die schon angedeutete Folgerung ist diese, daß auf objectiven Lichtreiz, immer nur eine gemischte Farbenempfindung erfolgen kann, und also einfachere, gesättigtere Far-

benempfindung noch möglich bleibt und unter besondern Umständen, wenn die wirksame Reizung nicht auf alle drei Nervenarten sich erstreckt, auftreten kann. Nun hat Helmholtz gefunden, daß die gesättigtesten objectiven Farben, nämlich die reinen Spectralfarben, noch nicht die gesättigteste Farbenempfindung hervorrufen, sondern daß man diese erst erhält, wenn man unmittelbar vorher die Empfindung der complementären Farbe gehabt hat (l. c. 370). Das läßt sich nun allerdings sehr gut nach der Young'schen Hypothese durch die Ermüdung der einen Nervenart erklären, allein anderentheils wäre doch auch denkbar, daß man es hier mit einem rein psychischen Vorgange zu thun habe, daß nämlich im Contraste mit der unmittelbar vorher gesehenen, die complementäre Farbe lebhafter empfunden werde. Subjective Farbenempfindungen erscheinen sehr gesättigt und man ist geneigt sie für gesättigter zu halten, als die auf objectiven Lichtreiz hin entstehenden. Allein hierauf ist, wie auch Helmholtz bemerkt, wenig Gewicht zu legen. Es fehlt, was bei dem geringen Erinnerungsvermögen für Lichtstärken und Farben so nöthig wäre, — an der Möglichkeit eines unmittelbaren Vergleiches; die subjectiven Farben sind sehr lichtschwach und deshalb gesättigter aussehend usw. Mag man übrigens auch die angeführte Thatsache als eine Stütze für die Young'sche Hypothese ansehen, — wenn das folgende richtig ist, so kann diese doch nicht gehalten werden.

Die verschiedenartig empfindenden Nervelemente haben eine räumliche Ausdehnung und es ist nach dem zu Anfang dieser Mittheilung angeführten wahrscheinlich, daß man je ein Zäpfchen als ein Nervelement der einen oder der andern Art anzusehen hat. An derselben Stelle an der z. B. ein rothempfindendes Nervelement liegt, kann nicht auch ein grünempfindendes und ein violett empfindendes vorhanden seyn. Folglich müssen im Auge blinde Flecke für die einzelnen Farben bestehen, ähnlich wie die Stelle, an welcher gar keine Zäpfchen, also weder ein empfindendes Element der einen noch einer andern Art liegt, auch

wirklich blind ist. Betrachtet man nun eine gleichförmig mit Zinnober überzogene und gleichförmig beleuchtete Fläche, so daß ihr Bild auf der Netzhaut den gelben Fleck ganz einnimmt, so ist der objectiv Reiz an allen Stellen des gelben Flecks derselbe, nicht aber — im Sinne der Theorie — die Empfindungsstärke. An einigen Stellen, da wo die rothempfindenden Nervelemente liegen, muß die Empfindung sehr lebhaft und ihrer Art nach »Roth« seyn, an andern Stellen, die von grünempfindenden Nervelementen eingenommen sind, ist die Empfindung schwach und der Art nach »Grün«, endlich an noch anderen Stellen, auf den violetteempfindenden Nervelementen, ist die Empfindung ganz schwach und ihrer Art nach »Violett«. Keinesfalls kann also die Fläche gleichförmig roth aussehen, sondern man muß eine förmliche Centralprojection von der Anordnung der einzelnen, verschiedenartigen Nervelemente erblicken. Dies ist aber nicht der Fall; mir erscheint die objectiv homogene Scheibe bei dem starren Anblicken auch subjectiv homogen.

Betrachtet man, um ein anderes Beispiel anzuführen, viele leuchtende Punkte (rothe) auf einem dunklen Hintergrunde, so daß die Netzhauthilder der einzelnen leuchtenden Punkte verschwindend kleine Ausdehnung haben und sicherlich nur je ein Nervelement reizen. Einzelne der Bilder fallen auf rothempfindende, andere auf grünempfindende, wieder andere auf violetteempfindende Stellen; die hellen Punkte können also nicht alle in der gleichen Art, nämlich nicht gleich hell und nicht gleich gefärbt gesehen werden. Auch dies widerspricht der Erfahrung.

Der Gedanke läßt sich noch weiter variiren und andere Beispiele können eronnen werden, allein vorstehendes wird genügen.

Da also (so weit ich bemerken kann) logisch richtige Folgerungen aus der Young'schen Hypothese der verschiedenartigen Nerven im Auge, im Widerspruche mit den Thatsachen stehen, so ist die Annahme unzulässig.

Wollte man den Ausweg ergreifen anzunehmen, daß

immer die drei Arten von Nervelementen übereinander lägen und durch die einen hindurch ein Reiz bis auf den letzten sich fortsetze; so würde man, wie mir scheint, das Wesen der Young'schen Hypothese zerstören, und es wäre für die Erklärung des Farbensehens nichts gewonnen.

Anknüpfend an das letzt betrachtete Beispiel heller farbiger Punkte (Sterne) auf dunklem Grunde, könnte man wohl auf den Gedanken gerathen, das bekannte Funkeln der Fixsterne mittelst der Young'schen Hypothese dahin zu erklären, daß das Auge nicht ruhig bliebe und der Reihe nach verschiedene Nervelemente, also auch verschiedenartig empfindende, von demselben Reize getroffen und somit successive verschiedene Farben gesehen würden. Das Funkeln ist aber in einer anderen Weise genügend erklärt und der Gedanke kann nicht ernsthaft verfolgt werden, ohne auf Widerspruch zu führen.

Die Erklärung des Farbensehens wurde noch auf ganz andere Art versucht.

Grailich (Sitzungsberichte der math. naturw. Classe d. k. Akademie d. Wissenschaften zu Wien, Bd. XII (1854) S. 783 bis 847 und Bd. XIII, S. 201 bis 284) macht die Annahme, die Bewegung der Aethertheilchen, welche das Licht ausmacht, übertrage sich in ähnlicher Weise auf die Nervenfasern und die Art der entstehenden Gesichtsempfindung hänge nur von der Dauer des Ausschlags eines Aethertheilchens nach derselben Seite von der Gleichgewichtslage ab. Bei homogenen Lichtarten sind die aufeinander folgenden Zeitabschnitte, während welcher das Aethertheilchen auf derselben Seite der Gleichgewichtslage bleibt, alle gleich und nur ihrer absoluten Gröfse nach von Lichtart zu Lichtart verschieden. Die verschiedenartige Empfindung oder Farbe hängt dann nur von der Gröfse der Periode ab. Trifft gleichzeitig verschiedenartiges Licht die Netzhaut, so hat man zur Beurtheilung der entstehenden Empfindung nach Grailich die Interferenz der verschiedenen Lichtstrahlen zu untersuchen. Combinirt man z. B. zwei einfache Wellenbewegungen (geradlinig übereinstim-

mend polarisirte Lichtstrahlen), so entsteht eine zusammengesetztere Bewegung, bei welcher die aufeinanderfolgenden Abstände der Knotenpunkte (der Stellen, an welchen das Aethertheilchen gerade in seiner Gleichgewichtslage sich findet) im Allgemeinen nicht mehr gleich sind, sondern ein complicirteres Gesetz der Periodicität befolgen. Der Ausschlag nach einer Seite findet abwechselnd kürzere oder längere Zeit hindurch statt, ehe er einmal Null wird, um dann nach der entgegengesetzten Seite hin zu erfolgen, oder auch in einzelnen Fällen nach derselben Seite von neuem zu beginnen. Es entstehen also, da die Art der Empfindung eben nur von der Größe der Periode abhängen soll, nach und nach verschiedene Empfindungen in raschem Wechsel nach einem bestimmten Gesetze der Wiederkehr und setzen sich zur Empfindung der Mischfarbe zusammen. Diese Mischfarbe soll desto weißlicher seyn, je mannigfaltiger und verschiedenartiger die Bestandtheile, die einzelnen elementaren Empfindungen sind. Weiß selbst soll aus der raschen Folge der Empfindungen von Orange und den im Spectrum folgenden Farben bis Gelblichgrün bestehen. Bei der Combination zweier homogener Lichtarten treten in der resultirenden Bewegung auch Perioden auf, wie sie bei den homogenen Lichtarten des sichtbaren Theiles des Spectrums nicht vorkommen; sonach wären, nach Grailich's Hypothese noch andere gesättigte, einfache Farbenempfindungen möglich als sie im Spectrum vorliegen (Purpur). Nicht nur die Dauer des Ausschlags nach derselben Seite ist bei zusammengesetzten Bewegungen von verschiedener Periode veränderlich, sondern auch die größte Weite der Entfernung aus der Gleichgewichtslage ist in den aufeinanderfolgenden Knotenabständen im allgemeinen ungleich und somit die Intensität der successive auftretenden Empfindungen veränderlich. Auch hierauf ist für die Beurtheilung der Gesamtwirkung gebührend Rücksicht zu nehmen.

Diese Theorie von Grailich beansprucht nicht den Mechanismus der Perception der Gesichtsempfindungen zu

erklären, sondern nur die einzelnen Thatsachen bezüglich der Mischfarben unter gemeinsamem Gesichtspunkt zusammen zu fassen. Wäre sie richtig, so wäre hiermit ein großer Schritt gethan.

Es ist schon früher darauf hingewiesen worden, daß in einigen charakteristischen Fällen die Grailich'schen Berechnungen mit der Erfahrung in Widerspruch stehen und Grailich selbst hat durch weitere Annahmen über die Intensität der Componenten diese Widersprüche zu beseitigen getrachtet. Denkbar wäre es und ist auch vermuthet worden, daß Modificationen der Annahme Grailich's, etwa entsprechend der Variation der Constanten einer Function, den Einklang der Theorie mit der Erfahrung herstellen könnten.

In der mühsamen und interessanten Abhandlung von Grailich ist jedoch ein folgenschwerer Irrthum enthalten, den ich im Folgenden nachweisen will und dessen Aufdeckung, wie sich zeigen wird, zum gänzlichen Verlassen der Theorie nöthiget.

Die Empfindung, welche durch gemischtes Licht hervorgerufen wird, ist jener eines Zusammenklanges von Tönen zu vergleichen. Wir nehmen aber nicht bloß einen Accord als solchen wahr, sondern unterscheiden auch gleichzeitig die einzelnen ihn bildenden Töne, zerlegen ihn in seine Bestandtheile. Das Ohr ist ein ausgezeichnete analysirender Apparat. Das ist das Auge nicht; mithin wird nur die Mischfarbe in ihrer Ganzheit, werden nicht mehr die Bestandtheile wahrgenommen; die zusammengesetzte Bewegung der Aethertheilchen wird nicht mehr in einfache nach dem Sinusgesetz sich vollziehende Schwingungen zerlegt. Für die Empfindung des Accordes zweier oder mehr Töne ist es ganz gleichgültig ob die Schwingungen, welche die Töne ausmachen, im selben Augenblicke beginnen, oder ob eine beliebige Verzögerung, ein beliebiger Phasenunterschied zwischen ihnen vorhanden ist. Dasselbe gilt für die Gesichtsempfindungen. Die Empfindung der resultirenden Mischfarbe hängt nur von der Art und der relativen In-

tensität der Componenten, nicht von deren Phasenunterschied ab. Und dieser Phasenunterschied ist jedenfalls ein häufig und vielartig wechselnder, da die zwei zusammenwirkenden Lichtstrahlen im Allgemeinen incohärent sind, das heisst die bekanntlich stets vorkommenden Unregelmäßigkeiten in der Bewegung treffen die beiden Lichtstrahlen nicht gleichzeitig und gleichartig. Diese Incohärenz bewirkt, dass der Phasenunterschied zweier Strahlen ein wechselnder, das Interferenzresultat somit ein wechselndes ist und das ist der Grund, warum man Interferenzerscheinungen (Streifen, Ringe etc.) nur dann wahrnehmen kann, wenn die interferirenden Strahlen, von demselben leuchtenden Punkte abstammen, also cohärent sind. Von dem Phasenunterschiede zwischen den Componenten hängt aber, bei richtiger Betrachtung, die Art der aufeinander folgenden Empfindungen im Sinne der Grailich'schen Theorie wesentlich ab.

Grailich führt seine Rechnungen nur für den Fall, dass einmal zwei Knotenpunkte der zwei Strahlen in denselben Punkt treffen, zwei Anfangspunkte der Sinuscurven zusammenfallen, und sagt (Bd. XIII, S. 248):

„Offenbar wird es irgendwo, die ursprüngliche Schwingungsweise sey, welche immer, bei commensurablen Längenverhältnissen der Wellen, einen solchen Punkt in ihrer gemeinschaftlichen Bahn geben, und wenn die Geschwindigkeiten beider Strahlen gleich wären, müßten diese Punkte regelmässig nach dem Durchlaufen einer Strecke, die wir die grosse Periode nannten, wiederkehren.“

Das ist aber unrichtig, ja gewissermassen im entgegengesetzten Sinne wahr. Bei *incommensurablen* Verhältnissen der Wellenlängen kommen alle möglichen Lagen der Knotenpunkte der zwei Wellenzüge gegeneinander vor, also auch einmal, aber nur einmal ein Zusammenfallen der Knotenpunkte. Bei *commensurablen* Verhältnissen der Wellenlängen kann hingegen, selbst bei unendlicher Ausdehnung der gemeinschaftlichen Bahn, immer nur eine *beschränkte*

Zahl von relativen Lagen der Knoten vorkommen. Man überzeugt sich hiervon sehr leicht durch algebraische Betrachtung; bequemer und ebenso streng beweisend aber durch Exemplification.

Ist das Verhältniß der Wellenlängen 1:2, hat der erste Wellenzug im Punkte 0 einen Knoten und der zweite Wellenzug im Punkte $\frac{1}{2}$, so liegen in folgenden Punkten die Knoten

des ersten Wellenzuges: 0 1 2 3 4 5 6 7 8
des zweiten Wellenzuges: $\frac{1}{2}$ $2\frac{1}{2}$ $4\frac{1}{2}$ $6\frac{1}{2}$ $8\frac{1}{2}$

Ist das Verhältniß der Wellenlängen 5:6, hat der erste Wellenzug im Punkt 0, der zweite im Punkt $\frac{1}{2}$ einen Knoten, so liegen in folgenden Punkten die Knoten

des ersten Wellenzuges: 0 ... 5 ... 10 ... 15 ... 20 ... 25 ... 30 ...
des zweiten Wellenzuges: $\frac{1}{2}$ $6\frac{1}{2}$ $12\frac{1}{2}$ $18\frac{1}{2}$ $24\frac{1}{2}$ $30\frac{1}{2}$

In beiden Beispielen treffen niemals zwei Knotenpunkte zusammen; im ersten Falle ist überhaupt die relative Lage der Knoten der zwei Wellenzüge eine unabänderlich bleibende, je der zweite Knotenabstand des ersten Zuges wird durch einen Knotenpunkt des zweiten Zuges im Verhältniß von 1:2 getheilt; im zweiten können fünf, aber nicht mehr, verschiedene Lagen der Knotenpunkte des zweiten Zuges gegen die benachbarten des ersten vorkommen, der Knotenabstand im ersten Wellenzug kann nämlich durch einen Knotenpunkt des zweiten Zuges in den Verhältnissen 1:9; 3:7; 5:5; 7:3; 9:1 getheilt werden.

Man darf also nicht wie Grailich thut, die Rechnung auf den Fall beschränken, wo der Phasenunterschied der zwei Strahlen gleich Null ist, sondern muß sie allgemeiner führen. Man hat dann nachzusehen, was in den Interferenzergebnissen zweier Strahlen verschiedener Wellenlänge unveränderlich bleibt, wenn sich der Phasenunterschied ändert. Nur von den constant bleibenden Elementen kann die Art der Empfindung abhängen, weil sie erfahrungsgemäß unabhängig vom Phasenunterschiede ist.

Die Rechnung macht sich nur dann bequem, wenn die Amplituden der zwei interferirenden Strahlen gleich groß sind und nur für diesen Fall, will ich einiges hier mittheilen.

Die Gleichungen der zwei geradlinig polarisirten Strahlen von übereinstimmender Schwingungsrichtung sind:

$$y_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda_1} (Vt - x)$$

$$y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda_2} (Vt - x + \delta)$$

wobei a die Amplitude bedeutet, y_1 und y_2 die Ausschläge zur Zeit t , λ_1 und λ_2 die Wellenlängen der zwei Strahlen, x die Entfernung des betrachteten Punkts vom Anfangspunkt der Abscissenaxe, welche die gemeinschaftliche Richtung der Strahlen ist, und V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts, welche hier für beide Strahlen als dieselbe genommen werden soll. Streng genommen ist diese Annahme unstatthaft; Grailich erörtert (Bd. XIII, S. 248), daß man unbedenklich diese Annahme machen dürfe; ganz zustimmen kann ich dem nicht; bei Berücksichtigung der ungleichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der verschiedenen interferirenden Lichtarten würde das, worauf ich im weiteren Laufe aufmerksam zu machen habe, nur noch stärker hervortreten; ich gestatte mir daher die Bequemlichkeit V als constant anzunehmen. Zur Zeit $t=0$ hat der erste Strahl im Anfangspunkt einen Knoten, der zweite aber im Punkte $x = -\delta$; δ ist daher der Gangunterschied der zwei Strahlen. Es soll die resultirende Bewegung untersucht werden, insbesondere die Gestalt der Curve, welche den geometrischen Ort der gleichzeitigen Lagen der verschiedenen Aetherpunkte darstellt. Da hierfür der Zeit t irgend ein constanter Werth beigelegt werden kann, so wähle ich den bequemsten $t=0$ und dann wird die Ordinate des Aethertheils in der resultirenden Bewegung:

$$-Y = a \left[\sin \frac{2\pi}{\lambda_1} x + \sin \frac{2\pi}{\lambda_2} (x - \delta) \right].$$

Die Lage der Knotenpunkte ist durch die Bedingung $Y=0$ oder

$\sin \frac{2\pi}{\lambda_1} x = -\sin \frac{2\pi}{\lambda_2} (x - \delta)$
ausgedrückt, woraus folgt:

$$1) \quad 2n\pi - \frac{2\pi}{\lambda_1} x = \frac{2\pi}{\lambda_2} (x - \delta)$$

$$2) \quad (2n+1)\pi + \frac{2\pi}{\lambda_1} x = \frac{2\pi}{\lambda_2} (x - \delta)$$

und hieraus ergeben sich folgende zwei Systeme von Werthen für x , denen Knotenpunkte entsprechen:

$$1) \quad x = \frac{n + \frac{\delta}{\lambda_2}}{\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}}$$

$$2) \quad x = \frac{2n+1 + \frac{2\delta}{\lambda_2}}{2\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)}$$

Die dem ersten System von x entsprechenden Knoten nenne ich Knotenpunkte der ersten, die andern der zweiten Art.

Die Abstände zweier auf einanderfolgenden Knotenpunkte der ersten Art sind

$$\frac{1}{\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}}.$$

Die Abstände der viel weniger häufig auftretenden Knotenpunkte der zweiten Art von einander sind

$$\frac{1}{\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}}.$$

Im Allgemeinen fällt ein Knotenpunkt der zweiten Art zwischen zwei Knotenpunkte der ersten Art, und da diese zahlreicher vorkommen als die der zweiten Art, so kehrt der Abstand $\frac{1}{\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}}$ mehrmals hinter einander wieder, ehe

er durch einen zwischenfallenden Knotenpunkt zweiter Art in zwei Theile zerlegt wird. Diese zahlreich vorkom-

GENERAL LIBRARY
University of
Wichita
KANSAS

Interferenz zweier Lichtstrahlen gleicher Amplitude (übereinstimmend geradlinig polarisierter) von den Wellenlängen $\lambda_1 = 3$ und $\lambda_2 = 2$.

Für $\delta = 0$ findet man:

Die Zahlen bedeuten Fünftel der Längeneinheit.

$$(1\ 1\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 1\ 1)\ (1\ 1\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 1\ 1)\ (1\ 1\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 1\ 1)\dots$$

Für $\delta = \frac{1}{7}$ findet man die Lage der Knotenpunkte gegeben durch:

(Die Zahlen bedeuten 70^{stel}.)

$$(1 \ 1 \ \frac{11}{14} \ \frac{9}{14} \ 1 \ 1) \ (1 \ 1 \ \frac{11}{14} \ \frac{9}{14} \ 1 \ 1) \ (1 \ 1 \ \frac{11}{14} \ \frac{9}{14} \ 1 \ 1) \dots$$

Für $\delta = \frac{2}{3}$ ergeben sich die Abscissen der Knotenpunkte:

6	36	66	96	126	156	186	216	246	276	306
				105				255		
								336	366	396
									426	...
									405	...

(Die Zahlen bedeuten 25^{tel}.)

Der Rhythmus ist also

$(11 \frac{9}{10} \frac{7}{10} 11) (11 \frac{9}{10} \frac{7}{10} 11) (11 \frac{9}{10} \frac{7}{10} 11) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{4}$ findet man, daß die Abscissen der Knotenpunkte sind

3	27	51	75	99	123	147	171	195	219	243	267	291	315	...
			75					195					315	...

(Die Zahlen bedeuten 20^{tel}.)

Hier coincidiren die Knotenpunkte zweiter Art mit solchen erster Art und folglich sind alle Knotenabstände unter einander gleich, gleich dem Hauptabstand. Der Rhythmus ist

111111111111...

und kann nach Analogie der vorhergehenden Fälle geschrieben werden

$(110 \frac{m}{m} 11) (110 \frac{m}{m} 11) (110 \frac{m}{m} 11) \dots$

usw.

Die Knotenpunkte sind a_1 mal um den Hauptabstand von einander entfernt, den ich mit 1 bezeichne, dann kommen zwei Abstände α_1 und β_1 die zusammen einen Hauptabstand bilden, herrührend von einem Knotenpunkt zweiter Art, der sich zwischen zwei der ersten Art gelagert hat, dann folgen a_2 Hauptabstände jeder gleich 1, hierauf die zwei Abstände α_2 , β_2 , dann wieder a_3 Hauptabstände und so fort. Die großen Perioden kann man folgendermaßen darstellen:

$(a_1 \alpha_1 \beta_1 a_2 \alpha_2 \beta_2 a_3 \alpha_3 \beta_3 a_4 \alpha_4 \beta_4 \dots a_n \alpha_n \beta_n)$: von vorn.

α und β können jeden beliebigen gebrochenen Werth annehmen, ihre Summe aber ist stets Eins. Eine der zwei Größen kann Null seyn, was anzeigt, daß ein Knotenpunkt zweiter Art einmal coincidirt mit einem der ersten

Art, dann sind a , Hauptabstände vorhanden, dann ein einzelner und hierauf wieder a_1 , so daß ununterbrochen $a_1 + 1 + a_1$ solcher Hauptabstände einander folgen. Beispiel in III für $\delta = \frac{1}{4}$. Oder es können auch alle Werthe von α Null werden und dem entsprechend die β gleich der Einheit; dann fallen alle Knotenpunkte zweiter Art mit solchen erster Art zusammen. Beispiel der letzt angeführte Fall, wo $\delta = \frac{1}{4}$. Die Werthe der α , β sind nach einem gewissen Symmetriegesetze über die große Periode vertheilt, das sich freilich nicht immer leicht erkennen läßt. α und β sind nur vom Gangunterschiede der zwei Strahlen abhängig.

Die Zahlenwerthe der a hängen ab von der relativen Größe der Wellenlängen der interferirenden Strahlen. Entweder sind alle a einander gleich, oder sie sind um eine Einheit verschieden. Nur scheinbar haben einzelne einen doppelt so großen Werth; dieß ist der Fall, wenn α oder β Null geworden sind.

Die Anzahl der Hauptabstände, deren Summe der Länge einer großen Periode gleichkommt, ist $l_1 + l_2$, oder $\frac{l_1 + l_2}{2}$ wenn $l_1 : l_2$ das in den kleinsten Zahlen ausgedrückte Verhältniß der Wellenlängen ist.

Weder die Größe der a , noch die Längen der großen Periode hängen von dem Gangunterschiede ab.

Ich theile nun zunächst die Ergebnisse der Interferenz einiger Paare von Lichtstrahlen mit. Ich werde zuerst die großen Perioden nach der Bezeichnung $a_1 \alpha_1 \beta_1 a_2 \alpha_2 \beta_2 \dots$ mittheilen, dann das Doppelte der auf einander folgenden Knotenabstände in Milliontel Millimeter, das sind also die Wellenlängen jener homogenen Lichtarten die nach Graulich Empfindungen hervorbringen, welche den elementaren Farbempfindungen entsprechen. Neben diese Wellenlänge setze ich die gewöhnliche Bezeichnung der Farbe und ihre ungefähre Lage im Spectrum nach den Fraunhofer'schen und Stokes'schen Linien. Es treten in meinen Rechnungen Wellenlängen auf, die viel kleiner sind als die der

sichtbaren Strahlen. Als äußerste Gränze des Ultraviolett nehme ich den Streifen *S*, dem eine Wellenlänge von $0^{\text{mm}},00030$ entspricht. Die noch kleineren Wellenlängen bringen eine uns gänzlich unbekannte, vielleicht gar keine physiologische Wirkung hervor. Ich bezeichne die entstehende Empfindung mit *q*, wenn die Wellenlänge zwischen $0^{\text{mm}},000300$ und $0^{\text{mm}},000175$ liegt, die Farbe also der ersten Octave über dem Ultraviolett angehört; mit *qq* die Farbe der folgenden Octave (Wellenlänge zwischen $0^{\text{mm}},000175$ und $0^{\text{mm}},000088$) mit *qqq* die Farbe der nächst höheren Octave (Wellenlänge zwischen $0^{\text{mm}},000088$ und $0^{\text{mm}},000044$) endlich mit *qqqq* die Art der physiologischen Wirkung von noch kürzeren Aetherwellen. In Grailich's Rechnungen sind Wellenlängen vorgekommen, die gröfser sind als die gröfsten im sichtbaren Theile des Spectrums. Diese sollen seiner Meinung nach die Empfindung Purpur erzeugen.

Zusammensetzung zweier homogener Lichtarten, bei Voraussetzung gleicher Amplitude.

I. $\lambda_1 = 0^{\text{mm}},000600$; $\lambda_2 = 0^{\text{mm}},000400$. Orange (zwischen *D* und *C*) und Violett (nahe *H*). $\lambda_1 : \lambda_2 = 3 : 2$.

Für $\delta = 0$ ist die grofse Periode: $(4 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (4 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (4 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{4}$ sind alle Abstände gleich oder die Periode ist: $(4 0 \frac{8}{9}) (4 0 \frac{8}{9}) (4 0 \frac{8}{9}) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{2}$ Periode: $(4 \frac{11}{14} \frac{2}{14}) (4 \frac{11}{14} \frac{2}{14}) (4 \frac{11}{14} \frac{2}{14}) (4 \frac{11}{14} \frac{2}{14}) \dots$

Für $\delta = \frac{3}{4}$ Periode: $(4 \frac{9}{10} \frac{7}{10}) (4 \frac{9}{10} \frac{7}{10}) (4 \frac{9}{10} \frac{7}{10}) \dots$

$\delta = 0.$	$\delta = \frac{1}{4}.$
4mal 480 Blau nahe <i>F</i>	4mal 480 Blau
240 <i>q</i>	480 Blau
240 <i>q</i>	
4mal 480 Blau	4mal 480 Blau
240 <i>q</i>	480 Blau
240 <i>q</i>	usw.
usw.	

$\delta = \frac{1}{2}$	$\delta = \frac{1}{2}$
4 mal 480 Blau	4 mal 480 Blau
377 Ultraviolett nahe <i>L</i>	144 <i>q q</i>
103 <i>q q</i>	336 Ultraviol. <i>P</i>
4 mal 480 Blau	4 mal 480 Blau
377 Ultraviolett <i>L</i>	144 <i>q q</i>
103 <i>q q</i>	336 Ultraviol. <i>P</i>
usw.	usw.

II. $\lambda_1 = 0^{\text{mm}},000560$; $\lambda_2 = 0^{\text{mm}},000400$. Gelb (zwischen *D* und *E*) und Violett (nahe *H*). $\lambda_1 : \lambda_2 = 7 : 5$.

Für $\delta = 0$ sind alle Abstände gleich und die Periode kann geschrieben werden:

(5 0 1) (5 0 1) . . .

Für $\delta = \frac{1}{2}$ Periode: (5 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$) (5 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$) (5 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$) . . .

» $\delta = \frac{1}{3}$ » (5 $\frac{1}{3}$ $\frac{2}{3}$) (5 $\frac{1}{3}$ $\frac{2}{3}$) . . .

» $\delta = \frac{2}{3}$ » (5 $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{3}$) (5 $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{3}$) . . .

» $\delta = \frac{3}{11}$ » (5 $\frac{3}{11}$ $\frac{8}{11}$) (5 $\frac{3}{11}$ $\frac{8}{11}$) . . .

$\delta = 0$	$\delta = \frac{1}{2}$
5 mal 467 Indigo zwischen <i>G</i> und <i>F</i>	5 mal 467 Indigo
467 Indigo	234 <i>q</i>
5 mal 467 Indigo	234 <i>q</i>
467 Indigo	5 mal 467 Indigo
usw.	234 <i>q</i>
	234 <i>q</i>
	usw.

$\delta = \frac{1}{2}$	$\delta = \frac{1}{2}$
5 mal 467 Indigo	5 mal 467 Indigo
156 <i>q</i>	311 Ultraviol. <i>R</i> bis <i>S</i>
311 Ultraviolett. <i>R</i> bis <i>S</i>	156 <i>q</i>
usw.	usw.

$\delta = \frac{1}{11}$
5 mal 467 Indigo
130 <i>q q</i>
347 Ultraviolett zwischen <i>O</i> und <i>N</i>
5 mal 467 Indigo
130 <i>q q</i>
347 Ultraviolett zwischen <i>O</i> und <i>N</i>
usw.

III. $\lambda_1 = 0^{\text{mm}},000604$; $\lambda_2 = 0,000460$. Orange (zw. *D* und *C*) und Blau (zwischen *F* und *G*). $\lambda_1 : \lambda_2 = 21 : 16$.

Für $\delta = 0$ Periode: $(6 \frac{7}{10} \frac{9}{15} 7 \frac{1}{10} \frac{9}{10} 6 \frac{5}{10} \frac{5}{10} 6 \frac{9}{10} \frac{1}{10} 7 \frac{3}{11} \frac{7}{10})$
 $(6 \frac{7}{10} \frac{9}{10} 7 \frac{1}{10} \frac{9}{10} 6 \frac{5}{10} \frac{5}{10} 6 \frac{9}{10} \frac{1}{10} 7 \frac{3}{10} \frac{7}{10}) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{8}$ usw.

dasselbe.

Für $\delta = \frac{1}{3}$

$(6 \frac{19}{30} \frac{11}{30} 7 \frac{1}{30} \frac{29}{30} 6 \frac{13}{30} \frac{17}{30} 6 \frac{25}{30} \frac{5}{30} 7 \frac{7}{30} \frac{23}{30})$
 $(6 \frac{19}{30} \frac{11}{30} 7 \frac{1}{30} \frac{29}{30} 6 \frac{13}{30} \frac{17}{30} 6 \frac{25}{30} \frac{5}{30} 7 \frac{7}{30} \frac{23}{30}) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{4}$ wird die Periode gefunden:

$(6 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 14 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 6 \frac{4}{3} \frac{1}{3} 7 \frac{1}{3} \frac{4}{3}) (6 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 14 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 6 \frac{4}{3} \frac{1}{3} 7 \frac{1}{3} \frac{4}{3} \dots)$

die man auch schreiben kann

$(6 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 7 \frac{0}{3} 6 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 6 \frac{4}{3} \frac{1}{3} 7 \frac{1}{3} \frac{4}{3}) (6 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 7 \frac{0}{3} \frac{0}{3} 6 \frac{2}{3} \frac{2}{3} 6 \frac{4}{3} \frac{1}{3} 7 \frac{1}{3} \frac{4}{3} \dots)$

$\delta = 0$ oder $= \frac{1}{2}$ usw.

$\delta = \frac{1}{2}$

6 mal 422 Indigviolett *G* nach
F hin

6 mal 422 Indigviolett

295 *q*

267 *q*

127 *q q*

155 *q*

7 mal 422 Indigviolett

7 mal 422 Indigviolett

42 *q q q q*

14 *q q q q*

380 Ultraviolett *L*

408 Violett bei *H*

6 mal 422 Indigviolett

6 mal 422 Indigviolett

211 *q*

183 *q*

211 *q*

239 *q*

6 mal 422 Indigviolett

6 mal 422 Indigviolett

380 Ultraviolett *L*

352 Ultraviolett *N - O*

42 *q q q q*

70 *q q q*

7 mal 422 Indigviolett

7 mal 422 Indigviolett

127 *q q*

98 *q q*

295 *q*

324 Ultraviolett *Q - R*

von vorne.

von vorne.

$\delta = \frac{1}{11}$

6 mal 422 Indigviolett

253 *q*

169 *q*

7 mal 422 Indigviolett

422 Indigviolett

6mal 422 Indigviolett

169 *q*253 *q*

6mal 422 Indigviolett

338 Ultraviolett *P*81 *q q q*

7mal 422 Indigviolett

84 *q q q*338 Ultraviolett *P*

von vorne.

IV. $\lambda_1 = \frac{1}{1500} \text{ mm} = 0,000666$; $\lambda_2 = \frac{1}{2400} \text{ mm} = 0,000417$.Roth (zwischen *C* und *B*) und Violett (zwischen *G* und *H*).Für $\delta = 0$, $\delta = \frac{1}{2} \text{ mm}$, $\delta = \frac{1}{1200}$, $\delta = \frac{3}{500} \text{ mm}$ etc. findet man alsPeriode: $(3 \frac{3}{6} \frac{3}{6} \quad 3 \frac{5}{6} \frac{1}{6} \quad 4 \frac{1}{6} \frac{5}{6}) \quad (3 \frac{3}{6} \frac{3}{6} \quad 3 \frac{5}{6} \frac{1}{6} \quad 4 \frac{1}{6} \frac{5}{6}) \dots$ Für $\delta = \frac{1}{700} \text{ mm}$ $(3 \frac{25}{42} \frac{17}{42} \quad 3 \frac{39}{42} \frac{3}{42} \quad 4 \frac{11}{42} \frac{31}{42}) \quad (3 \frac{25}{42} \frac{17}{42} \quad 3 \frac{39}{42} \frac{3}{42} \quad 4 \frac{11}{42} \frac{31}{42}) \dots$ Für $\delta = \frac{5}{900} \text{ mm}$ $(3 \frac{11}{18} \frac{7}{18} \quad 3 \frac{17}{18} \frac{1}{18} \quad 4 \frac{5}{18} \frac{13}{18}) \quad (3 \frac{11}{18} \frac{7}{18} \quad 3 \frac{17}{18} \frac{1}{18} \quad 4 \frac{5}{18} \frac{13}{18}) \dots$ $\delta = 0$ etc. $\delta = \frac{1}{700} \text{ mm}$ 3mal 512 Grün nahe bei *b*
nach *E* zu256 *q*256 *q*

3mal 512 Grün

305 Ultraviolett *S*207 *q*

3mal 512 Grün

427 Violett nahe *G*85 *q q q*

3mal 512 Grün

475 Blau bis Indigo
*F—G*37 *q q q q*

4mal 512 Grün

85 *q q q*427 Violett nahe *G*

von vorne.

4mal 512 Grün

134 *q q*378 Ultraviolett *L*

von vorne.

 $\delta = \frac{5}{900} \text{ mm}$

3mal 512 Grün

313 Ultraviolett *R—S*199 *q*

3mal 512 Grün

484 Blau *F*28 *q q q q*

4mal 512 Grün

142 *q q*370 Ultraviolett *M*

von vorne

V. $\lambda_1 = \frac{1}{1700} \text{ mm} = 0,000588$; $\lambda_2 = \frac{1}{2200} = 0,000454$.

Goldgelb (*D*) und Indigo (zwischen *G* und *F*).

Für $\delta = 0$ ist die Periode:

$$(7 \frac{7}{10} \frac{3}{10} 7 \frac{5}{10} \frac{5}{10} 7 \frac{3}{10} \frac{7}{10} 7 \frac{1}{10} \frac{9}{10} 6 \frac{9}{10} \frac{1}{10})$$

$$(7 \frac{7}{10} \frac{3}{10} 7 \frac{5}{10} \frac{5}{10} 7 \frac{3}{10} \frac{7}{10} 7 \frac{1}{10} \frac{9}{10} 6 \frac{9}{10} \frac{1}{10}) \dots$$

Für $\delta = \frac{1}{200}$ gerade so.

Für $\delta = \frac{1}{300}$ ist die Periode:

$$(7 \frac{23}{30} \frac{7}{30} 7 \frac{17}{30} \frac{13}{30} 7 \frac{11}{30} \frac{19}{30} 7 \frac{5}{30} \frac{25}{30} 6 \frac{29}{30} \frac{1}{30})$$

$$(7 \frac{23}{30} \frac{7}{30} 7 \frac{17}{30} \frac{13}{30} 7 \frac{11}{30} \frac{19}{30} 7 \frac{5}{30} \frac{25}{30} 6 \frac{29}{30} \frac{1}{30}) \dots$$

$\delta = 0.$	$\delta = \frac{1}{300}.$
7mal 512 Grün	7mal 512 Grün
358 Ultraviolett <i>N</i>	393 Violett nahe <i>H</i>
154 <i>q</i>	119 <i>q q</i>
7mal 512 Grün	7mal 512 Grün
256 <i>q</i>	290 <i>q</i>
256 <i>q</i>	222 <i>q</i>
7mal 512 Grün	7mal 512 Grün
154 <i>q</i>	188 <i>q</i>
358 Ultraviolett <i>N</i>	324 Ultraviol. <i>Q-R</i>
7mal 512 Grün	7mal 512 Grün
51 <i>q q q</i>	85 <i>q q q</i>
461 Indigo zw. <i>F u. G</i>	427 Violett <i>G-H</i>
6mal 512 Grün	6mal 512 Grün
461 Indigo	495 Blaugrün zwisch.
51 <i>q q q</i>	<i>F u. b</i>
von vorne.	17 <i>q q q q</i>
	von vorne.

VI. $\lambda_1 = \frac{1}{1400} \text{ mm} = 0,000714$; $\lambda_2 = \frac{1}{2500} = 0,000400$.

Aeufserstes Roth (bei *A*) und Violett (nahe *H*).

Für $\delta = 0$, $\delta = \frac{1}{700}$ etc. ist die Periode:

$$(2 \frac{17}{22} \frac{5}{22} 3 \frac{7}{22} \frac{15}{22} 2 \frac{19}{22} \frac{1}{22} 3 \frac{9}{22} \frac{13}{22} 2 \frac{21}{22} \frac{1}{22} 3 \frac{11}{22} \frac{11}{22} 3 \frac{1}{22} \frac{21}{22} 2 \frac{13}{22} \frac{9}{22} 3 \frac{5}{22} \frac{19}{22})$$

$$2 \frac{15}{22} \frac{7}{22} 3 \frac{5}{22} \frac{17}{22}) \quad (2 \frac{17}{22} \frac{5}{22} \text{ etc.})$$

Für $\delta = \frac{1}{300}$ ist die Periode:

$$(2 \frac{53}{66} \frac{13}{66} 3 \frac{23}{66} \frac{43}{66} 2 \frac{59}{66} \frac{7}{66} 3 \frac{29}{66} \frac{37}{66} 2 \frac{65}{66} \frac{1}{66} 3 \frac{35}{66} \frac{31}{66} 3 \frac{5}{66} \frac{61}{66} 2 \frac{41}{66} \frac{25}{66} 3 \frac{11}{66} \frac{55}{66})$$

$$2 \frac{47}{66} \frac{19}{66} 3 \frac{17}{66} \frac{49}{66}) \quad (2 \frac{53}{66} \frac{13}{66} \text{ etc.})$$

$\delta = 0.$	$\delta = \frac{1}{100} = .$
2mal 512 Grün	2mal 512 Grün
396 Violett <i>H</i>	460 Indigo <i>F - G</i>
116 <i>q q</i>	102 <i>q q</i>
3mal 512 Grün	3mal 512 Grün
163 <i>q</i>	179 <i>q</i>
349 Ultraviolett <i>O-N</i>	333 Ultraviolett <i>P-Q</i>
2mal 512 Grün	2mal 512 Grün
442 Indigo <i>G-F</i>	457 Indigo <i>F - G</i>
70 <i>q q q</i>	55 <i>q q q</i>
3mal 512 Grün	3mal 512 Grün
209 <i>q</i>	225 <i>q</i>
303 Ultraviolett <i>S</i>	287 <i>q</i>
2mal 512 Grün	2mal 512 Grün
504 Grünlich-Blan	504 Bläulichgrün <i>b</i>
nahe <i>F</i>	bis <i>F</i>
23 <i>q q q q</i>	8 <i>q q q q</i>
3mal 512 Grün	3mal 512 Grün
256 <i>q</i>	271 <i>q</i>
256 <i>q</i>	241 <i>q</i>
3mal 512 Grün	3mal 512 Grün
23 <i>q q q q</i>	39 <i>q q q q</i>
489 Grünlich Blau	463 Indigo <i>F - G</i>
nahe <i>F</i>	
2mal 512 Grün	2mal 512 Grün
303 Ultraviolett <i>S</i>	318 Ultraviolett <i>R</i>
209 <i>q</i>	194 <i>q</i>
3mal 512 Grün	3mal 512 Grün
70 <i>q q q</i>	85 <i>q q q</i>
442 Indigo <i>G-F</i>	427 Violett <i>C - H</i>
2mal 512 Grün	2mal 512 Grün
349 Ultraviolett <i>O-N</i>	365 Ultraviolett <i>N-M</i>
163 <i>q</i>	147 <i>q q</i>
3mal 512 Grün	3mal 512 Grün
116 <i>q q</i>	132 <i>q q</i>
396 Violett <i>H</i>	380 Ultraviolett <i>L</i>
von vorne	von vorne

VII. $\lambda_1 = \frac{1}{1300} \text{ mm} = 0,000555$; $\lambda_2 = \frac{1}{2100} = 0,000476$.
Gelb (etwas Grünliches, Mitte zwischen *D* und *E*) und
Blau (rein, nahe *F*).

Für $\delta = 0$; $\delta = \frac{1}{200}$ etc. berechnet sich die Periode:

$$(12 \frac{1}{2}) \quad (12 \frac{1}{2}) \quad \dots$$

Für $\delta = \frac{1}{200} \text{ mm}$:

$$(12 \frac{9}{10} \frac{1}{10}) \quad (12 \frac{9}{10} \frac{1}{10}) \quad \dots$$

Für $\delta = \frac{2}{1100} \text{ mm}$:

$$(12 \frac{13}{22} \frac{9}{22}) \quad (12 \frac{13}{22} \frac{9}{22}) \quad \dots$$

Für $\delta = \frac{1}{20400}$ alle Abstände gleich, oder die Periode:

$$(12 \ 0 \ 1) \quad (12 \ 0 \ 1)$$

$\delta = 0$.
12 mal 512 Grün

256 *q*

256 *q*

12 mal 512 Grün

256 *q*

256 *q*

usw.

$\delta = \frac{1}{205} \text{ mm}$
12 mal 512 Grün

461 Indigo *F-G*

51 *q q q*

12 mal 512 Grün

461 Indigo *F-G*

51 *q q q*

usw.

$\delta = \frac{1}{1155} \text{ mm}$
12 mal 512 Grün
302 Ultraviolett *S*
210 *q*

$\delta = \frac{1}{2155} \text{ mm}$
12 mal 512 Grün
512 Grün

12 mal 512 Grün
302 Ultraviolett *S*
210 *q*
usw.

12 mal 512 Grün
512 Grün
usw.

VIII. $\lambda_1 = \frac{1}{1300} \text{ mm} = 0,000666$; $\lambda_2 = \frac{1}{2100} = 0,000476$.

Roth (zwischen *C* und *B*) und Blau (nahe *F*).

Für $\delta = 0$ findet man lauter gleiche Abstände, die Periode ist
1 1 1 . . . oder (5 0 1) (5 0 1) . . .

Für $\delta = \frac{2}{1100}$ ist die Periode:

$$(5 \frac{1}{11} \frac{10}{11}) \quad (5 \frac{1}{11} \frac{10}{11}) \quad (5 \frac{1}{11} \frac{10}{11}) \quad \dots$$

Für $\delta = \frac{2}{1300}$ ist die Periode:

$$(5 \frac{2}{13} \frac{11}{13}) \quad (5 \frac{2}{13} \frac{11}{13}) \quad (5 \frac{2}{13} \frac{11}{13}) \quad \dots$$

$\delta = 0.$

oder

$\delta = 0.$

555 Grüngelb zw. *D* und *E* 5 mal 555 Grüngelb

555 „

5 mal 555 „

555 „

usw.

$\delta = \frac{1}{1100} \text{ mm}$

5 mal 555 Grüngelb

51 *q q q*504 Grünlichblau *b - F*

5 mal 555 Grüngelb

51 *q q q*504 Grünlichblau *b - F*

usw.

$\delta = \frac{1}{1300} \text{ mm}$

5 mal 555 Grüngelb

86 *q q q*469 Indigblau *F - G*

5 mal 555 Grüngelb

86 *q q q*469 Indigblau *F - G*

usw.

IX. $\lambda_1 = \frac{1}{1600} \text{ mm} = 0,000625$; $\lambda_2 = \frac{1}{2000} \text{ mm} = 0,000500$.Rothorange (näher an *C* als an *D*) und Grünblau(Mitte zwischen *b* und *F*).Für $\delta = 0$ ergibt sich die Periode: $(8 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (8 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (8 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) \dots$ Für $\delta = \frac{1}{300} \text{ mm}$: $(8 \frac{5}{6} \frac{1}{6}) (8 \frac{5}{6} \frac{1}{6}) \dots$ Für $\delta = \frac{2}{700} \text{ mm}$: $(8 \frac{3}{14} \frac{11}{14}) (8 \frac{3}{14} \frac{11}{14}) \dots$ $\delta = \frac{1}{32000} \text{ mm}$ sind alle Abstände der Knoten einander gleich oder die Periode ist: $(801) (801) \dots$

$\delta = 0.$

8 mal 555 Grüngelb

278 *q*278 *q*

8 mal 555 Grüngelb

278 *q*278 *q*

usw.

$\delta = \frac{1}{300} \text{ mm}$

8 mal 555 Grüngelb

462 Indigblau *F - G*93 *q q*

8 mal 555 Grüngelb

462 Indigblau

93 *q q*

usw.

$\delta = \frac{1}{7500}$
 8mal 555 Grüngelb
 119 *q q*
 436 Indigo-Violett
G - F

$\delta = \frac{1}{37500}$
 8mal 555 Grün
 555 Grüngelb

8mal 555 Grüngelb
 119 *q q*
 436 Indigo-Violett
 usw.

8mal 555 Grüngelb
 555 "
 usw.

X. $\lambda_1 = \frac{1}{1000} \text{ mm} = 0,000625$; $\lambda_2 = \frac{1}{1800} \text{ mm} = 0,000555$.

Rothorange und Grüngelb (zwischen *D* und *E*).

Für $\delta = 0$ ist die Periode:

$(16 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (16 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (16 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{500} \text{ mm}$:

$(16 \frac{1}{10} \frac{9}{10}) (16 \frac{1}{10} \frac{9}{10}) (16 \frac{1}{10} \frac{9}{10}) \dots$

Für $\delta = \frac{1}{1100} \text{ mm}$:

$(16 \frac{19}{22} \frac{3}{22}) (16 \frac{19}{22} \frac{3}{22}) (16 \frac{19}{22} \frac{3}{22}) \dots$

$\delta = \frac{1}{37600} \text{ mm}$, alle Abstände sind gleich oder die Periode ist:

$(16 \ 0 \ 1) (16 \ 0 \ 1) (16 \ 0 \ 1)$

$\delta = 0$.
 16mal 588 Goldgelb (*D*)
 294 *q*
 294 *q*

$\delta = \frac{1}{3750} \text{ mm}$
 16mal 588 Goldgelb
 59 *q q q*
 529 Grün (nahe *E*)

16mal 588 Goldgelb
 294 *q*
 294 *q*
 usw.

16mal 588 Goldgelb
 59 *q q q*
 529 Grün (nahe *E*)
 usw.

$\delta = \frac{1}{17500}$
 16mal 588 Goldgelb
 508 Blaugrün *b - F*
 80 *q q q*

$\delta = \frac{1}{37500}$
 16mal 588 Goldgelb
 588 Goldgelb

16mal 588 Goldgelb
 508 Blaugrün *b - F*
 80 *q q q*
 usw.

16mal 588 Goldgelb
 588 Goldgelb
 usw.

XI. $\lambda = \frac{1}{1600} \text{ mm} = 0,000625$, $\lambda_2 = \frac{1}{2500} \text{ mm} = 0,000400$.

Orange (*C* bis *D*) und Violett (nahe *H*).

Für $\delta = 0$ berechnet sich die Periode:

$$(4 \frac{5}{16} \frac{13}{16} 3 \frac{15}{16} \frac{3}{16} 4 \frac{7}{16} \frac{11}{16} 3 \frac{17}{16} \frac{1}{16} 4 \frac{9}{16} \frac{5}{16} 4 \frac{1}{16} \frac{17}{16} 3 \frac{11}{16} \frac{7}{16} 4 \frac{3}{16} \frac{13}{16} 3 \frac{15}{16} \frac{1}{16})$$

$$(4 \frac{5}{16} \frac{13}{16} 3 \frac{15}{16} \frac{3}{16} 4 \frac{7}{16} \frac{11}{16} 3 \frac{17}{16} \frac{1}{16} \dots)$$

Für $\delta = \frac{1}{300} \text{ mm}$:

$$(4 \frac{3}{9} \frac{3}{9} 3 \frac{3}{9} \frac{1}{9} 4 \frac{4}{9} \frac{5}{9} 8 \frac{5}{9} \frac{4}{9} 4 \frac{1}{9} \frac{8}{9} 3 \frac{6}{9} \frac{3}{9} 4 \frac{2}{9} \frac{7}{9} 3 \frac{7}{9} \frac{2}{9})$$

$$(4 \frac{3}{9} \frac{3}{9} 3 \frac{3}{9} \frac{1}{9} 4 \frac{4}{9} \frac{5}{9} 8 \frac{5}{9} \frac{4}{9} \dots)$$

oder

$$(4 \frac{3}{9} \frac{3}{9} 3 \frac{3}{9} \frac{1}{9} 4 \frac{4}{9} \frac{5}{9} 3 \frac{9}{9} 0 4 \frac{5}{9} \frac{4}{9} 4 \frac{1}{9} \frac{8}{9} 3 \frac{6}{9} \frac{3}{9} 4 \frac{2}{9} \frac{7}{9} 3 \frac{7}{9} \frac{2}{9})$$

$$(4 \frac{3}{9} \frac{3}{9} 3 \frac{3}{9} \frac{1}{9} 4 \frac{4}{9} \frac{5}{9} 3 \frac{9}{9} 0 \dots)$$

$\delta = 0$.

4 mal 488 Grünliches Blau *F*

136 *q q*

352 Ultraviolett *N - O*

3 mal 488 Grünl. Blau *F*

407 Violett *H - G*

81 *q q q*

4 mal 488 Grünl. Blau

190 *q*

298 *q*

3 mal 488 Grünl. Blau

461 Indigo *F - G*

27 *q q q q*

4 mal 488 Grünl. Blau

244 *q*

244 *q*

4 mal 488 Grünl. Blau

27 *q q q q*

461 Indigo *F - G*

3 mal 488 Grünl. Blau

298 *q*

190 *q*

4 mal 488 Grünl. Blau

81 *q q q*

407 Violett *H - G*

3 mal 488 Grünl. Blau

352 Ultraviolett *N - O*

136 *q*

von vorne

$\delta = \frac{1}{300} \text{ mm}$

4 mal 488 Grünl. Blau *F*

163 *q*

325 Ultraviol. *Q - R*

3 mal 488 Grünl. Blau

434 Indigo *G - F*

54 *q q q*

4 mal 488 Grünl. Blau

217 *q*

271 *q*

8 mal 488 Grünl. Blau

271 *q*

217 *q*

4 mal 488 Grünl. Blau

54 *q q q*

434 Indigo *G - F*

3 mal 488 Grünl. Blau

325 Ultraviol. *Q - R*

163 *q*

4 mal 488 Grünl. Blau

108 *q q*

380 Ultraviolett *L*

3 mal 488 Grünl. Blau

380 Ultraviolett *L*

108 *q*

von vorne

XII. $\lambda_1 = \frac{1}{2000} \text{ mm} = 0,000500$; $\lambda_2 = \frac{1}{2100} \text{ mm} = 0,000476$.
 Grünblau (Mitte zwischen b und F) und Blau (nahe F).

Für $\delta = 0$ ist die Periode:

$$(40 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (40 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) (40 \frac{1}{2} \frac{1}{2}) \dots$$

Für $\delta = \frac{1}{900} \text{ mm}$:

$$(40 \frac{5}{6} \frac{1}{6}) (40 \frac{5}{6} \frac{1}{6}) \dots$$

Für $\delta = \frac{1}{1300} \text{ mm}$:

$$(40 \frac{9}{26} \frac{23}{26}) (40 \frac{9}{26} \frac{23}{26}) \dots$$

$\delta = \frac{1}{166000} \text{ mm}$, alle Abstände gleich. Die Periode:

$$(40 \ 0 \ 1) (40 \ 0 \ 1) \dots$$

$$\delta = 0.$$

40 mal 488 Grünlich Blau F

244 q

244 q

40 mal 488 Grünlich Blau

244 q

244 q

usw.

$$\delta = \frac{1}{900} \text{ mm}.$$

40 mal 488 Grünl. Blau

407 Violett $H-G$

81 $q \ q$

40 mal 488 Grünl. Blau

407 Violett $H-G$

81 $q \ q$

usw.

$$\delta = \frac{1}{1365}.$$

40 mal 488 Grünl. Blau

56 $q \ q \ q$

432 Indigo fast Violett G

$$\delta = \frac{1}{166000} \text{ mm}.$$

40 mal 488 Grünl. Blau

488 "

40 mal 488 Grünl. Blau

56 $q \ q \ q$

432 Indigo fast Violett

usw.

40 mal 488 "

488 "

usw.

Discussion der Rechenergebnisse. Bei der Interferenz zweier übereinstimmend geradlinig polarisirter, paralleler Lichtstrahlen von ungleicher Wellenlänge sind folgende Elemente vom Gangunterschied unabhängig;

- 1) Die Länge des Hauptabstandes;
- 2) Die Länge der großen Periode;
- 3) Die Eintheilung der großen Periode in Gruppen von Hauptabständen, geschieden durch zwei kleinere Kno-

tenabstände. Die Zahl der Gruppen in der Periode bleibt dieselbe und ebenso die Anzahl der die verschiedenen einzelnen Gruppen ausmachenden Hauptabstände.

Das in 2) und 3) Ausgesprochene ist allerdings nur mit gewissem Vorbehalt wahr, aus welchem aber keine unbesiegbare Bedenken erwachsen.

Da die Art der durch Zusammenwirken zweier ungleichartiger Lichtstrahlen hervorgehenden Empfindung vom Gangunterschied unabhängig ist, so kann also die Mischfarbe nur von den in 1), 2) und 3) angeführten Größen und Verhältnissen bedingt seyn. Man kann das in 2) und 3) Gesagte in einem gemeinsamen Ausdruck zusammenfassen, wenn man die Länge und Eintheilung der großen Periode als Rhythmus bezeichnet. Dann läßt sich das Ergebniss der Untersuchung dahin aussprechen, daß die Art der Farbenempfindung nur von der Länge des Hauptabstandes und von dem Rhythmus der resultirenden Bewegung bedingt wird.

Einfluß des Hauptabstandes. Vergleicht man die Rechenergebnisse mit der Erfahrung, so bemerkt man, daß die resultirende Empfindung gänzlich verschieden ausfallen kann von jener elementaren, welche am häufigsten auftritt und dem Hauptabstande (als halber Wellenlänge) entspricht. So ist. z. B. im Falle I die am häufigsten wiederkehrende, am längsten dauernde und intensivste Elementarempfindung ein reines Blau, hingegen die resultirende Empfindung, die Mischfarbe von Orange und Violett ist dunkel Rosa (Helmholtz, physiologische Optik 279)¹⁾.

Die am häufigsten (oder auch ausschließlic) wiederkehrende Elementarempfindung hängt nur ab von der Summe der reciproken Wellenlängen der Componenten, denn der

- 1) Allerdings sind in den Versuchen von Helmholtz nicht wie in meiner Rechnung die Amplituden der Componenten gleich groß, allein wenn man das Intensitätsverhältniß beliebig verändert, erhält man stets eine Mischfarbe die einen Uebergang von dunkel Rosa zu Violett oder zu Orange darstellt, niemals reines Blau. Dieselbe Bemerkung ist in den andern Fällen zu machen, wo von der empirisch erkannten Mischfarbe die Rede ist.

Hauptabstand ist, wie schon erwähnt gleich $\frac{1}{\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}}$. In folgenden Fällen ist diese Summe = 3900 und die Hauptempfindung ist ein schönes Grün von der Wellenlänge 0^{mm},000512:

Aeusserstes Roth ($\lambda_1 = \frac{1}{1400}^{\text{mm}}$) und Violett ($\lambda_2 = \frac{1}{2300}^{\text{mm}}$)
 erfahrungsgemäße Mischfarbe Purpur bis Carmin;
 Roth ($\lambda_1 = \frac{1}{1500}^{\text{mm}}$) und Bläulich-Violett ($\lambda_2 = \frac{1}{2000}^{\text{mm}}$)
 erfahrungsgemäße Mischfarbe Purpur;
 Röthlich Orange ($\lambda_1 = \frac{1}{1000}^{\text{mm}}$) und Indigo fast Violett
 ($\lambda_2 = \frac{1}{2300}^{\text{mm}}$) erfahrungsgemäße Mischfarbe Rosa;
 Goldgelb ($\lambda_1 = \frac{1}{1700}^{\text{mm}}$) und Indigoblau ($\lambda_2 = \frac{1}{2300}^{\text{mm}}$)
 erfahrungsgemäße Mischfarbe Weiss;
 Grüngelb ($\lambda_1 = \frac{1}{1800}^{\text{mm}}$) und Blau ($\lambda_2 = \frac{1}{2100}^{\text{mm}}$)
 erfahrungsgemäße Mischfarbe Weisslichgrün;
 Grün ($\lambda_1 = \frac{1}{1900}^{\text{mm}}$) und Grünblau ($\lambda_2 = \frac{1}{2000}^{\text{mm}}$)
 erfahrungsgemäße Mischfarbe Blaugrün;

Recht auffallend ist, daß (vergl. VIII und IX)

Roth ($\lambda_1 = \frac{1}{1500}^{\text{mm}}$) und Blau ($\lambda_2 = \frac{1}{2500}^{\text{mm}}$)
 welche erfahrungsgemäße Rosa geben und
 Rothorange ($\lambda_1 = \frac{1}{1600}^{\text{mm}}$) und Grünblau ($\lambda_2 = \frac{1}{2000}^{\text{mm}}$)

welche erfahrungsgemäße Gelb als Mischfarbe liefern, aus denselben Elementarhauptempfindungen, nämlich Grüngelb ($\lambda = 0,000555$) sollen gebildet werden. In beiden Fällen kann für gewisse Werthe des Gangunterschieds, nämlich im ersten Fall für $\delta = 0$ und im zweiten für $\delta = \frac{1}{32000}^{\text{mm}}$, die Elementarempfindung Grüngelb ununterbrochen anhalten und dennoch soll die resultirende Empfindung im ersten Falle Rosa im zweiten Falle Gelb seyn. Man kann immer, wenn die Periode von der einfachen Form a, α, β ist, Gangunterschiede δ derart bestimmen, daß alle Knotenabstände der resultirenden Bewegung gleich werden, also ununterbrochen dieselbe Elementarempfindung hervorgerufen wird. Es sind dieß jene Werthe von δ , welche der Bedingungsgleichung

$$\frac{2n+1+\frac{2\delta}{\lambda_2}}{2\left(\frac{1}{\lambda_2}-\frac{1}{\lambda_1}\right)} = \frac{k+\frac{\delta}{\lambda_2}}{\frac{1}{\lambda_2}+\frac{1}{\lambda_1}}$$

entsprechen. Man muß aber bedenken, daß die zusammentretenden Lichtstrahlen incohärent sind, der Werth von δ also stets nur kurze Zeiten hindurch constant bleibt, dann plötzlich sich ändert und bald eine große Zahl von Werthen nach und nach annimmt, wobei dann nicht mehr die Hauptelementarempfindung ununterbrochen anhält. Deshalb können, selbst in kurzer Zeit, die Unterbrechungen doch ganz wohl zum Bewußtseyn kommen. Ein gleiches gilt für das Erkennen des Rhythmus und soll gleich an dieser Stelle bemerkt werden. Es kann, wie Beispiel XI für $\delta = \frac{1}{300} \text{ mm}$ und Beispiel III für $\delta = \frac{1}{4}$ lehren, die Unterbrechung der Hauptabstände einmal in Wegfall kommen, also eine Gruppe weniger in jeder Periode auftreten oder der Rhythmus stellenweise verdeckt werden. Ja derselbe kann, wie mehrere andere Beispiele lehren, vollständig verdeckt werden, wenn alle Knotenabstände gleich werden. Wegen der Incohärenz der Lichtstrahlen wird aber der Rhythmus immer nur kurze Zeit hindurch theilweise oder gänzlich verdeckt bleiben, alsbald wird für eine längere Dauer der Rhythmus sich wiederherstellen und es entspringt also *hieraus* kein dauerndes Hinderniß für die Erkennung desselben.

Die zwischen den Hauptelementarempfindungen auftretenden Farbenempfindungen können gar keinen Einfluß auf die resultirende Empfindung oder die Mischfarbe äußern; denn diese eingeschalteten Empfindungen sind ihrer Art nach von dem Gangunterschiede der Strahlen abhängig. In den ersten Beispielen wird dieser Schluß kein Bedenken erregen, denn dort sind die eingeschalteten Farben nur Ultraviolett das eine geringe physiologische Wirkung hat und die Empfindungen g die möglicherweise ganz ohne physiologische Bedeutung sind. Anders aber ist es in den anderen Beispielen. So kommt in IV auf je 10 elementare Empfindungen »Grün« außer den ultravioletten

und den verschiedenen q Empfindungen, zweimal die Empfindung »Violett«, wenn $\delta = 0$, oder einmal die Empfindung »Blau« wenn $\delta = \frac{1}{700}$ und ähnlich, wenn $\delta = \frac{1}{500}$. In Beispiel V sind die eingeschalteten Empfindungen recht lebhaft, »Indigo« (zw. F und G) oder bei anderem Gangunterschied zwei Arten von »Violett« und das lebhafteste »Blaugrün« (zw. F und b). Noch verschiedenartiger sind sie, je nach dem Gangunterschiede in VI; sie sind in IX fast complementär der Hauptempfindung; von grosser Verschiedenheit in X; von grosser Mannigfaltigkeit in XI und würden in Fällen, die für die Rechnung zu unbequem waren, dies in noch erhöhtem Maasse seyn.

Sonach hat die, gleichwohl nothwendig gewordene Annahme, die eingeschalteten elementaren Empfindungen hätten gar keinen Einfluss, nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit. Ebenso ist schwer zu glauben, dass die Art der Hauptempfindung einen so wenig entscheidenden Einfluss auf die Mischfarbe ausüben solle. Und doch nöthigt die Folgerichtigkeit dies anzunehmen, wenn man überhaupt auf dem von Grailich eingeschlagenen Wege, die Erscheinungen der gemischten Farben einzusehen und zu erklären versucht. Es bleibt sonach als wesentliches Moment für die Art der Farbenempfindung nur noch der Rhythmus der Bewegung übrig.

Einfluss des Rhythmus auf die Empfindung der Mischfarbe. Es ist schon besprochen worden, dass die stellenweise oder auch gänzliche Verdeckung des Rhythmus, wie sie für ganz bestimmte Werthe des Gangunterschiedes stattfindet, wegen der Incohärenz der Lichtstrahlen kein unüberwindliches Hinderniss für das Erkennen der gesetzmässigen Anordnung der Intervalle bildet. Allein man darf und muss wohl zweifeln ob überhaupt solche lange und complicirte Rhythmen, wie sie in der resultirenden Bewegung aus zwei Wellenbewegungen ungleicher Periode vorkommen, noch unmittelbar sinnlich erfasst werden können. In der Musik wird bekanntlich die Zahl 7 nicht mehr in der Construction der Tonintervalle verwerthet, weil sie

nicht mehr einfach genug ist und ebenso wird beim Versbau über die Zahl 5 nicht hinausgegangen, weil man mehr als 5 nicht übersichtlich zählen kann. Allerdings kommen Verse von viel größerer Silbenzahl vor, allein sie haben dann zahlreiche Cäsuren und werden dadurch in Gruppen von weit kürzerem Bau getheilt. In den hier berechneten Perioden kommen aber 6, 7, 8, ja 12, 16, 40 gleiche Intervalle ohne jegliche Cäsur vor und es können noch viel ausgedehntere Gruppen auftreten. Es ist nicht wahrscheinlich, daß das Auge, welches als physikalisch-physiologischer Apparat dem Ohre in jeder Beziehung nachsteht, viel weiter als dieses in der Auffassung von Regelmäßigkeiten gehe. Ich habe einige weniger einfache Rhythmen graphisch dargestellt und versucht sie anschaulich zu überblicken; es ist mir nicht gelungen. Schon das Schema $a_1 \alpha_1 \beta_1, a_2 \alpha_2 \beta_2 \dots$ ist eine sehr abgekürzte graphische Darstellung; man versuche nun ob man den Rhythmus in Beispiel III (?), VI, XI übersichtlich finde!

Die Länge der Periode und Complicirtheit des Rhythmus hängt davon ab, ob das Verhältniß der Wellenlängen sich in größeren oder kleineren Zahlen ausdrücken läßt. Sind z. B. die Wellenlängen $\frac{1}{1800}^{\text{mm}}$ und $\frac{1}{2100}^{\text{mm}}$ (Verhältniß 7:6), so hat die große Periode eine Länge von 13 Hauptabständen; sind die Wellenlängen $\frac{1}{1801}^{\text{mm}}$ und $\frac{1}{2101}^{\text{mm}}$ so ist die große Periode 3902 Hauptabstände lang, und der Rhythmus ist ein außerordentlich viel complicirter als im vorhergehenden Fall. Und doch sind trotz dieser außerordentlichen Verschiedenheit der Rhythmen die in beiden Fällen entstehenden Mischfarben durch das geübteste und feinste Auge nicht mehr zu unterscheiden.

Ferner: Gelb und Violett geben als Mischfarbe fast reines Weiß (Rhythmus $5\alpha\beta$) Goldgelb und Indigo geben gleichfalls Weiß (Rhythmus $7\alpha_1\beta_1, 7\alpha_2\beta_2, 7\alpha_3\beta_3, 7\alpha_4\beta_4, 6\alpha_5\beta_5$) Orange und Cyanblau, Roth und Blaugrün geben alle ziemlich dieselbe Mischfarbe und gänzlich verschiedene Rhythmen der durch Interferenz entstehenden Bewegung. Endlich kann dieselbe Mischfarbe auch durch drei, vier ja durch alle homogene Farben des Spectrums erhalten werden.

Die zusammengesetzten Bewegungen werden von einer unentwirrbaren Complicirtheit. Kann man Dem gegenüber wohl glauben die Art der Farbenempfindung hänge wesentlich von dem Rhythmus der entstehenden Bewegung ab?

Es ist nicht schwer dem Vorangegangenen noch vieles in ähnlichem Sinne beizufügen. Es mag genug seyn. Alles führt dahin die Annahme Grailich's als höchst unwahrscheinlich und unhaltbar anzusehen und allgemein den Versuch mittelst des Princip's der Interferenzen der Lichtbewegungen die Erscheinungen der Mischfarben verstehen zu wollen, als einen unfruchtbaren darzustellen.

Meine Betrachtungen haben Gültigkeit, wenn man sie auf die Grailich'sche Theorie in ihrer ungeänderten Darstellung anwendet, auch wenn man, wie Radicke vorschlägt¹⁾ die Farbe als Function der Undulationsdauer ansieht oder wenn man in irgend anderer Weise aus der Gestalt, der, die aus verschiedenen Wellenbewegungen zusammengesetzte Bewegung darstellenden Curven, auf die entstehende Empfindung schliessen will. Die zusammengesetzte Bewegung ist von dem Gangunterschiede der interferirenden Strahlen abhängig; die Empfindung der Mischfarbe aber ist von diesen ganz unabhängig, was unter anderem, dadurch bewiesen wird, dass zwei incohärente Lichtstrahlen *dauernd* sich zu derselben Mischfarbe zusammensetzen.

Ich bin dazu gelangt die Theorie des Farbensehens und der Mischfarben als eine offene Frage zu bezeichnen. Ich mache keinen Vorschlag zu ihrer Lösung. Wenn es mir aber gelungen ist darzuthun, dass die von gewichtiger Autorität gestützte Young'sche Hypothese nicht die wahre Erklärung geben kann und nachzuweisen, dass auch der von Grailich, in einer langen, mit größter Mühe und mit vieler Gelehrsamkeit ausgeführten Abhandlung, eingeschlagene Weg nicht zum Ziele führen kann, so glaube ich keine unnützliche Arbeit gethan zu haben.

Gießen, April 1865.

1) Berliner Bericht über die Fortschritte der Physik im Jahre 1854, S. 271.

VIII. *Ueber die Veränderung der elektromotorischen Kräfte zwischen Metallen und Flüssigkeiten durch den Druck; von H. Wild.*

(Aus den Berner Mittheilungen, vom Hrn. Verf. übersandt.)

Hr. E. du Bois-Reymond hat zuerst eine besondere Untersuchung angestellt über die elektrischen Ströme, welche durch verschiedenen Druck auf zwei gleichartige, in eine Flüssigkeit eintauchende Elektroden erzeugt werden ¹⁾. Dabei wurde so verfahren, daß man die eine Elektrode entweder direct zwischen den Fingern preßte oder einen Bausch, in dem sie steckte, mit Gewichten beschwerte und so einen höhern Druck auf sie ausübte. Bei dieser Operationsweise sind offenbar kleine Erschütterungen resp. Reibungen der Elektroden unvermeidlich, und es hat daher auch Hr. du Bois bereits diese Ströme mit den durch Schütteln der einen Elektrode erregten verglichen. Es zeigte sich indessen hierbei keine durchgehende Uebereinstimmung beider Wirkungen, so daß Hr. du Bois die Frage als noch nicht endgültig entschieden betrachtete, der Verwicklung halber aber eine Lösung derselben von seinem Standpunkte aus nicht der aufzuwendenden Mühe werth hielt. Es ist nun aber möglich, diese Verwicklung, die aus der bei der angedeuteten Operationsweise nothwendigen Vergleichung der Druckwirkung mit der Wirkung des Erschütterns entsteht, zu vermeiden, also auf einfachem Wege die vom physikalischen Standpunkte aus interessante Frage zu lösen, ob durch bloßen Druck die elektromotorische Kraft zwischen einem Metall und einer Flüssigkeit verändert werde, wenn es gelingt einen Druck auf die eine Elektrode auszuüben, ohne dieselbe dabei im Geringsten zu erschüttern oder zu reiben. Mein Freund, Hr. Quincke hat bei Gelegenheit seiner Untersuchung über die von ihm entdeckten Diaphragmenströme einen hierher gehörigen Ver-

1) Monatsberichte der Berliner Academie v. 1854, S. 288.

such angestellt¹⁾. Er schaltete nämlich bei seinem Apparate statt des Diaphragma eine dicke Platin- oder Kupferplatte ein und übte dann mittelst einer Druckpumpe auf das Wasser in der einen Abtheilung einen solchen Druck aus, daß die in den beiden Abtheilungen befindlichen Platinelektroden einen um 2,5 Atmosphären verschiedenen Druck auszuhalten hatten. Es zeigte sich keinerlei Wirkung auf die Nadel des sehr empfindlichen Multiplicators. Von diesen Versuchen ist indessen nur der mit der Kupferplatte für unsere Frage als ganz entscheidend zu betrachten. Bezeichnen wir nämlich die elektromotorische Kraft zwischen Platin und destillirtem Wasser mit P und die zwischen Kupfer und destillirtem Wasser mit K , so haben wir für die Summe der elektromotorischen Kräfte im Schließungskreise bei gleichem Drucke in beiden Abtheilungen:

$$P - P + P - P = P - K + K - P = 0,$$

je nachdem die Platin- oder Kupferplatte statt des Diaphragma eingeschaltet ist; dagegen bei verschiedenem Drucke in den beiden Abtheilungen:

$$kP - kP + P - P = 0 \text{ und}$$

$$kP - k_1 K + K - P;$$

wenn die Coëfficienten k und k_1 die allfälligen Veränderungen darstellen, welche die betreffenden elektromotorischen Kräfte durch die Druckerhöhung erleiden. Nur in dem letzten Falle wäre also die Summe der elektromotorischen Kräfte nicht Null und auch da würde der Strom trotz der Veränderung der elektromotorischen Kräfte durch den Druck verschwinden, wenn bei dem eben stattfindenden Drucke zufällig:

$$P(k - 1) = K(k_1 - 1)$$

wäre, was allerdings kaum zu erwarten ist. Die Versuche des Hrn. Quincke beziehen sich überdies bloß auf destillirtes Wasser und Kupfer und Platin; bei den Untersuchungen des Hrn. du Bois ergaben sich aber durch Drücken und Erschüttern von Kupfer und Zinkelektroden bedeutendere Ströme als für Platinelektroden und ebenso

1) Pogg. Ann. Bd. 107, S. 13.

größere Ausschläge bei der Anwendung von Salzlösungen als bei Brunnenwasser. Es wäre daher gedenkbar, daß z. B. für Zinkvitriollösung und Zinkelektroden der Druck doch eine merkbare Wirkung ausüben würde.

Demgemäß habe ich für *Zinkelektroden* und *Zinkvitriollösung* die Wirkung des Drucks nach einer Methode untersucht, die ebenfalls wie die von Hrn. Quincke jede Erschütterung oder Reibung der Elektroden ausschließt, zugleich aber auch außer dem Zink nicht noch ein anderes Metall mit in's Spiel zieht und daher keinem Zweifel mehr Raum läßt. Das Princip dieser Methode besteht einfach darin, eine lange Röhre an den Enden mit Zinkelektroden zu versehen und mit Zinkvitriollösung zu füllen; liegt die Röhre horizontal, so haben beide Elektroden gleichen Druck auszuhalten; wird sie dagegen vertical gerichtet, so wird der Druck auf die untere um das Gewicht der auf ihr ruhenden Flüssigkeitssäule vermehrt.

Die unmittelbare practische Ausführung dieser Idee führte indessen zu einigen Schwierigkeiten. Bei einem ersten Versuche nämlich wurden drei Glasröhren von nahe 1^m Länge und 10 bis 12^{mm} innerm Durchmesser vermittelst durchbohrter Korken zu einer Röhre von 2^m,9 Länge zusammengesetzt, die Enden mit Korken verschlossen, durch welche Zinkdrähte hindurchgesteckt waren, und dieselbe bis auf eine kleine übrigbleibende Luftblase ganz mit Zinkvitriollösung vom specifischen Gewicht 1,10 gefüllt, nachdem man sie vorher auf einer nahe gleich langen Holzlatte befestigt hatte. Vermittelst dieser Holzlatte war sie dann an einem Stative so angebracht, daß sie um ihre Mitte gedreht und so nach Belieben vertical oder horizontal gestellt werden konnte. An die Zinkelektroden waren außerhalb lange Kupferdrähte angelöthet, die zunächst zu einem Gyrotropen und von da weiter zu einem sehr empfindlichen Galvanometer führten. Es war dies ein von Sauerwald in Berlin verfertigter du Bois'scher Multiplicator mit 30,000 Windungen, den mir Hr. Professor Valentin gütigst aus der Sammlung des physiologischen Instituts lieh.

An dem astatischen Nadelpaar war oberhalb ein ganz leichtes Spiegelchen befestigt, so daß der Stand der Magnetnadeln mit Fernrohr und Scale beobachtet werden konnte. Die Entfernung der Millimeterscale vom Spiegel betrug 1300^{mm}; einer scheinbaren Bewegung der Scale vor dem Fadenkreuz des Fernrohrs um einen Scalentheil entsprach daher eine Ablenkung der Nadel um 80". Die Zinkdrahtelektroden waren amalgamirt worden, auch vom Kork an im Innern etwa 10^{mm} weit mit Wachs überzogen; man erhielt demgemäß nach der Schließung bei horizontaler Stellung der Röhre nur einen geringen anfänglichen Ausschlag von einigen Scalentheilen. Um die Empfindlichkeit des Multiplicators zu prüfen, brachte ich zugleich mit der Röhre 10 Elemente meiner anderwärts bereits beschriebenen Thermokette von Kupfer und Argentan¹⁾ in die Schließung und liefs sie bei 10° Temperatur-Differenz der Löthstellen einmal entgegen, das andere Mal im gleichen Sinne wie die Hydrokette auf den Multiplicator wirken. Daraus ergab sich, daß bei dem stattfindenden Widerstande die Thermokette für sich bei 10° Temperatur-Differenz der Löthstellen eine constante Ablenkung von 44 Scalentheilen erzeugt haben würde. Hieraus läßt sich gemäß den Bestimmungen über die elektromotorische Kraft meiner Thermokette am angeführten Orte berechnen, daß eine elektromotorische Kraft von $10^4 \cdot 274$ in absolutem elektromotorischem Maasse oder von $\frac{1}{10000}$ der elektromotorischen Kraft eines Daniell'schen Elementes bei dem stattfindenden Widerstand der ganzen Schließung noch eine Ablenkung von einem Scalentheil an unserm Multiplicator erzeugt hätte. Als nun bei den Versuchen die Röhre aus der horizontalen Stellung plötzlich in die verticale gebracht wurde ergaben sich durchweg starke Ausschläge der Multiplicatornadel, die überdies noch viel gröfser wurden, sowie man bei verticaler Stellung der Röhre eine Drehung um 180° vornahm, so daß die obere Elektrode nunmehr nach unten zu liegen kam und umgekehrt. Ich erkannte indessen bald, daß die

1) Pogg. Ann. Bd. 103, S. 388.

erstern schwächern Ströme Erschütterungen der Flüssigkeit um die eine oder andere Elektrode zuzuschreiben waren und die stärkern dem vorübergehenden Contact der einen oder andern Elektrode mit Luft. Es stellte sich nämlich stets an dem nach oben gekehrten Röhrende unmittelbar nach der Füllung eine kleinere oder grössere Luftblase unterhalb des Korkes her; bei der Aufrichtung der Röhre aus der horizontalen in die verticale Stellung machte dieselbe eine kleine Bewegung, welche hinreichte, die Flüssigkeit um diese Elektrode zu erschüttern; und bei der Umkehrung der Röhre aus der einen Verticallage in die andere bewegte sich die Luftblase vom einen Röhrende zum andern, erschütterte nach einander die Flüssigkeit um beide Elektroden und kam dabei ausserdem in der Regel mit den unbedeckten Theilen der Elektroden zur Berührung. Dafs diese Erklärung der beobachteten Ströme die richtige sey, ergab sich einmal daraus, dafs sie sehr schnell wieder verschwanden, so wie die Röhre in Ruhe blieb; ferner daraus, dafs man ganz entsprechende Nadelausschläge erhielt, als bei unveränderter Horizontalstellung die Röhre etwas erschüttert, oder dann nur so schwach geneigt wurde, dafs die Luftblase eben vom einen Ende zum andern sich bewegte. Der Gedanke lag nahe, zu einem Entscheid der Frage trotz dessen dadurch zu gelangen, dafs man einfach diese durch die Röhrenbewegung entstandenen Ströme vorübergehen liefs und dann nach einiger Zeit den stationären Stand der Nadel bei der Verticalstellung der Röhre mit dem frühern und spätern bei horizontaler Stellung verglich. Dabei ergaben sich in der That schliesslich am Galvanometer constante Ablenkungen von 5 bis 10 Scalentheilen; allein diese Ablenkungen konnten sowohl ihrer Richtung als Gröfse nach ganz gut durch thermo-elektrische Ströme bedingt werden. Die Temperatur an der Decke des Zimmers war nämlich stets $\frac{1}{2}$ bis 1° höher als am Boden desselben, wie an beiden Orten angebrachte Thermometer anzeigten; bei längerem Verweilen in der Verticalstellung mußte daher die obere Zinkelektrode eine

etwas höhere Temperatur als die untere annehmen. Gemäß meinen frühern Messungen über die Gröfse der thermoelektromotorischen Kraft zwischen Zink und Zinkvitriol¹⁾ genügt aber eine Temperaturdifferenz von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}^{\circ}$ der beiden Elektroden, um bei der in unserm Falle stattfindenden Empfindlichkeit des Multiplicators eine Ablenkung von 5 bis 10 Scalentheilen hervorzubringen. Da es nun überdies einige Male gelang, bei der Aufrichtung der Röhre aus der horizontalen Stellung in die verticale jede Erschütterung zu vermeiden und die Bewegung der Luftblase am einen Ende auf ein Minimum zu reduciren und dabei dann gleich zu Anfang keine Bewegung der Magnetnadel erfolgte, so bemühte ich mich, eine entscheidende Lösung der Frage dadurch zu erzielen, daß ich die störende Luftblase durch geeignete Einrichtung des Apparates ganz ausschloß. So gelangte ich schließlich zu der folgenden Vorrichtung, die mich ganz befriedigte. In die dicke Seitenwand eines kleinen oben offenen Holzkastens wurden zwei knieförmig gebogene Glasröhren von ungefähr 11^{mm} innerm Durchmesser vermittelst Korke wasserdicht und drehbar eingesetzt. Mit Hülfe durchbohrter Korke setzte man an die äußern nach unten gerichteten Schenkel noch zwei etwa 1^m lange Röhren an, welche dann an ihren untern Enden wie die oben beschriebene Röhre mit Zinkdrahtelektroden versehen und im Uebrigen wasserdicht verschlossen waren. Gofs man nun in den Kasten, nachdem derselbe am Rande eines Tisches in passender Höhe befestigt worden war, Zinkvitriollösung, so füllten sich die beiden Röhren vollständig von da aus mit derselben an; man brachte dann noch so viel Lösung hinzu, daß die Oberfläche der Flüssigkeit um ungefähr 10^{mm} über den Oeffnungen der Röhren im Innern des Kastens stand. Beim Drehen der einen oder andern Röhre aus der verticalen Stellung nach unten in die nach oben erhielt sie demzufolge der äußere Luftdruck, wie ein abgekürztes Quecksilberbarometer, gefüllt und die Druckdifferenz auf die untere und obere Elektrode war dann

1) Pogg. Ann. Bd. 103, S. 411.

doch wie oben entsprechend dem Gewicht einer Flüssig-
 keitssäule von einer Höhe gleich ihrem verticalen Abstand.
 Der letztere betrug 2,9^m, und da, wie schon oben erwähnt
 wurde, das specifische Gewicht der angewandten Zinkvi-
 triollösung 1,10 war, so betrug also der Druckunterschied
 319 Grm. auf 1 Quadrat-Centimeter oder nahe $\frac{1}{3}$ Atm. Als
 man nach der Einfüllung der Lösung die Elektroden, wäh-
 rend beide Röhren vertical nach unten gerichtet waren, mit
 dem Multiplicator verband, war nur ein sehr schwacher
 anfänglicher Strom da, der die Nadel um einige Scalent-
 heile ablenkte. Nachdem die letztere vollständig zur Ruhe
 gekommen war, liefs ich durch einen Gehülfen die eine
 Röhre vertical emporrichten, sodann nach Verlauf einiger
 Secunden wieder in die frühere Lage zurückdrehen und
 die zweite statt ihrer vertical nach oben stellen. Weder
 bei der einen noch bei der andern Operation konnte ich
 auch nur die geringste Ablenkung oder Zuckung der Mag-
 netnadel wahrnehmen. Liefs man aber die eine Röhre
 längere Zeit in der untern und die andere in der obern
 Stellung, oder berührte die eine Elektrode aufsen mit den
 Fingern, so erfolgte ein starker Ausschlag der Nadel durch
 den entstehenden thermo-elektrischen Strom. Da nun nach
 der ersten Operation die erste Elektrode einem um ein
 $\frac{1}{3}$ Atm. geringern Druck, nach der zweiten aber einem um
 $\frac{1}{3}$ Atm. größern Druck ausgesetzt war, als die zweite Elek-
 trode, so läfst sich aus unserer Beobachtung, die übrigens
 mehrere Male wiederholt wurde, mit Sicherheit schliesen,
 daß die elektromotorische Kraft zwischen amalgamirtem
 Zink und Zinkvitriollösung durch Vermehrung des Druckes
 um $\frac{2}{3}$ Atm. nicht um eine Gröfse verändert wird, welche
¹⁰⁰⁰⁰⁰
 der elektromotorischen Kraft eines Daniell'schen Ele-
 mentes entspricht. Dadurch scheint mir denn in Verbin-
 dung mit dem Versuch des Hrn. Quincke hiulänglich be-
 wiesen, daß überhaupt die elektromotorische Kraft zwischen
 Metallen und Flüssigkeiten durch den Druck nicht verän-
 dert wird. Die Ströme die Hr. du Bois-Reymond beim
 Drücken der Elektroden erhielt, sind also in der That, wie

er es bereits wahrscheinlich gemacht hat, bloß der Erschütterung derselben zuzuschreiben, wodurch eben die Polarisation, resp. anhängende Gasschichten, verändert werden.

IX. Ueber die Elektricitätsleitung in Elektrolyten, welche in Capillarröhren eingeschlossen sind; von W. Beetz.

In den *Annales du conservatoire des arts et des métiers*, April 1861, hat Edmond Becquerel Untersuchungen über die Leitungsfähigkeit von Flüssigkeiten in Capillarröhren veröffentlicht, deren Hauptergebnisse folgende sind. Der Widerstand solcher Flüssigkeitssäulen steht im geraden Verhältniß zu deren Längen, aber nicht im umgekehrten zu deren Querschnitt, vielmehr nimmt das Product des Widerstandes in das Quadrat des Durchmessers des Querschnittes mit diesem Durchmesser ab. Becquerel läßt es unentschieden, ob diese Abweichung vom allgemeinen Gesetze der Stromleitung auf einer ungenauen Bestimmung des Querschnittes der Capillarröhren oder auf einer Veränderung in der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeitssäule beruhe, und wenn der letztere Grund als der richtige anzusehen sey, ob die Röhrenwände an der Leitung Theil nehmen, oder ob die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit selbst durch die Molecularwirkung der Wände vergrößert sey. Von vorn herein läßt sich gegen die Zulässigkeit aller dieser Gründe gewiß Nichts einwenden; da ich indess bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über das elektrische Leitungsvermögen der Flüssigkeiten mich auch anfangs ziemlich enger Röhren bedient und mit denselben nahezu dieselben Resultate erhalten hatte, wie mit weiteren Röhren¹⁾, so war mir die Richtigkeit der Thatsache selbst

1) Diese Annalen Bd. CXVII, S. 1.*

zweifelhaft. Ich habe deshalb Versuche mit Capillarrohren angestellt, aus deren Ergebniss ich schliessen darf, dass die von E. Becquerel beobachtete Erscheinung nur durch seine Beobachtungsmethode hervorgerufen ward.

Diese Methode war folgende: In zwei mit dem Elektrolyten gefüllte Reagensgläser tauchte je ein, in halbe Millimeter getheiltes Capillarrohr. Jederseits war ein Leitungsdraht zum Boden des Reagensglases geführt, ein anderer bis zu einer bestimmten Tiefe in das Capillarrohr geschoben, dessen Durchschnitt er fast ganz ausfüllte. Ein Strom wurde durch diese beiden Zweige und durch die Windungen eines Differentialgalvanometers geleitet, dessen Nadel dadurch auf Null gebracht wurde, dass der Draht in einen Capillarrohr verschoben wurde. Der Auszug¹⁾ aus der Abhandlung, welcher mir leider allein zugänglich war, lässt nicht ersehen, durch welches Mittel die störenden Einflüsse der Polarisation bei den verschiedenen Stromdichten vermieden wurden.

Ich stellte meine Versuche wiederum mit Zinkvitriollösung zwischen amalgamirten Zinkplatten an, um mich des Vortheils der Unpolarisirbarkeit der Elektroden bedienen zu können. Die seitlichen Oeffnungen der a. a. O. S. 5 beschriebenen Flaschen wurden durch Kautschukstöpsel geschlossen, das Capillarrohr wurde durch Oeffnungen luftdicht durch diese Stöpsel geschoben, so dass es ein wenig über die inneren Enden derselben hervorragte; dann wurden die Flaschen mit der zu prüfenden Lösung gefüllt, und diese durch längeres Saugen eine Zeit lang durch das Capillarrohr hindurchgeführt, um eine möglichst gleichmässige Benetzung der Röhrenwände zu erzeugen.

Dann wurde der Apparat in einen Blechkasten gestellt und dieser mit einem Blechdeckel so geschlossen, dass nur die Flaschenöffnungen frei blieben. Durch diese wurden amalgamirte Zinkplatten eingeführt, welche den Röhrenmündungen nahe gegenüber gestellt wurden. Die Vorsichts-

1) *Archives des sciences physiques et naturelles. Nouvelle période*
T. XII, p. 380*.

mafsregeln gegen das Einmischen von Luft in die Lösung waren die früheren. Die Temperatur wurde in einer der Flaschen gemessen. Ein Umgeben der Röhren mit Wasser wurde vermieden; vielmehr wurde das Aeußere des Glasapparates sorgfältig trocken gehalten, weil bei den grofsen Widerständen, um die es sich hier handelt, ein Einflufs der Leitung durch die feuchten Gefäfswände und die Kastenwände bemerklich wurde. Die Versuche sind deshalb nur bei gewöhnlicher Temperatur und nachdem der Apparat stundenlang Zeit gehabt hatte durchweg die gleiche Temperatur anzunehmen angestellt. Das Verfahren der Messung ist ganz dem gleich, welches früher für die weiteren Röhren angewandt wurde, nur mußten die Zweigeleitungen der Siemens'schen Widerstandsbrücke nicht im Verhältnifs 1:1, sondern 1:100 genommen werden.

Die Röhren, deren ich mich bediente, waren aus einem grofsen Vorrathe von Capillarröhren ausgewählt, und durch Calibrirung als hinreichend cylindrisch erprobt worden. Ihr Durchschnitt wurde gefunden, indem die Länge, das Gewicht und die Temperatur eines in sie eingesogenen Quecksilberfadens bestimmt wurden. Die folgende Tabelle giebt für die mit No. 1 bis 4 bezeichneten Röhren diese Bestimmungen, und die aus denselben berechneten Gröfsen des Querschnitts in Quadratmillimetern, $= d$.

No.	Länge der Quecksilbersäule mm	Gewicht Grm.	Temp.	spec. Gew. des Quecksilbers	d
1	161,2	0,827	17°,5	13,555	0,3785
2	{ 108,6 143,9	{ 0,099 0,131	{ 16°,0	13,558	0,06718
3	108,6	1,305	18°,0	13,554	0,8866
4	{ 113,2 77,7	{ 0,043 0,030	{ 13°,2 13°,7	{ 13,565 13,564	{ 0,02923

Die Zinkvitriollösungen wurden theils aus demselben Vitriol bereitet, mit welchem die früher bekannt gemachten Versuche angestellt waren (Lösungen II und III), theils aus einem anderen, welcher geringe Spuren freier Säure enthielt, und dessen Lösungen (I und IV) deshalb ein klein

wenig besser leiteten als die anderen. Der Widerstand (W), der mit diesen Lösungen gefüllten Röhre, welche früher zur Bestimmung der Widerstände gedient hatte (des Normalrohres, a. a. O. S. 15) wurde ganz wie sonst gemessen, daraus wurde dann die Leitungsfähigkeit der Lösung bei 10° , auf die des Quecksilbers bei 0° reducirt, berechnet, und aus dieser die Leitungsfähigkeit bei 20° mittelst der a. a. O. S. 21 für den Zuwachs Z_1 gegebenen Correctionsformel abgeleitet¹⁾. Die so erhaltenen Zahlen für λ_{20} zeigen bei den Lösungen II und III eine vollkommene Uebereinstimmung mit den nach der empirischen Formel berechneten, bei I und IV fallen sie etwas zu groß aus. Ich habe indeß im Folgenden stets die aus der Beobachtung hervorgegangenen Werthe von λ_{20} zu Grunde gelegt, und die empirische Formel nur zur Temperaturcorrection benutzt, was um so gewisser erlaubt seyn wird, als es sich nur um Unterschiede von wenigen Graden handelt. Die mit derselben Lösung angestellten Messungen sind mit verschiedenen Füllungen und der Zeit nach abwechselnd mit den weiter unten folgenden Messungen an Capillarrohren ausgeführt.

No.	Salzgehalt in 100 Grm.		W	λ_1	λ_{20}		Δ
	Lösung	Wasser			aus d. Versuch	aus d. Formel	
I.	10,69 10,74	10,71	12,00	11,3 13,5 15,9	754,4 712,5 697,5	2802 2973 3030	3451 3158 3336
Mittel					3415	3173	+ 242
II.	14,53 14,38 14,35	14,42	16,85	10,3 16,3 16,4	675,8 584,6 587,6	3128 3615 3597	3951 3942 3916
Mittel					3936	3976	+ 60
III.	15,16 15,13	15,14	18,05	13,3 14,7	621,4 596,3	3409 3545	4023 4031
Mittel					4027	4014	+ 13
IV.	28,62	40,09	10,7	622,8	3392	4586	4300 + 276

1) Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, daß die Ueberschrift über der Tabelle a. a. O. S. 20 heißen muß: Leitungsfähigkeit bei 20° , nicht bei 28° .

Die für λ_1 und λ_{20} gefundenen Zahlen sind wieder mit 10^{-9} multiplicirt zu denken.

Die folgende Tabelle endlich, enthält die Ergebnisse der mit Capillarröhren angestellten Messungen. Aus den gemessenen Widerständen $= w$, der Länge $= l$ und der Durchschnittsfläche des Rohres $= d$ wurde die Leitungsfähigkeit λ gefunden; zum Vergleich stehen in der nächsten Spalte die aus den Messungen am Normalrohr abgeleiteten Werthe von λ .

Rohr	l (Meter)	Lösung	l	w	aus d. Capillar- röhre	aus d. Normal- röhre	λ
1	0,1841	I	13,0	169500	2870	2893	- 23
			13,7	167600	2902	2945	- 43
			15,6	158000	3093	3067	+ 6
		II	17,7	137800	3536	3603	- 73
			15,9	136100	3574	3573	+ 1
2	0,1820	I	13,7	925000	2945	2930	+ 15
			11,0	985000	2750	2744	+ 6
			16,4	753100	3596	3618	- 22
		II	17,0	750000	3612	3671	- 59
			15,9	738000	3671	3651	+ 20
3	0,1830	I	10,7	791000	3425	3392	+ 33
			17,8	63500	3251	3251	0
			12,5	71500	2887	2856	+ 31
		II	15,6	58410	3535	3547	+ 12
			16,0	772000	3617	3582	+ 65
4a	0,0782	II	14,8	763000	3660	3550	+ 110
4b	0,0933	II	15,8	920000	3621	3564	+ 57
4c	0,0600	II	15,6	594500	3575	3547	+ 28

Die drei Röhren 4a, 4b und 4c sind Stücke ein und desselben Rohres. Da die drei Versuche mit der Lösung II nahezu bei derselben Temperatur angestellt sind, so lassen sich die gefundenen Widerstände direct mit den Längen der Rohrstücke vergleichen. Die Quotienten $\frac{w}{l}$ sind:

9872122

9878847

9908334

Die Uebereinstimmung dieser Quotienten liefert einen Beweis für die, auch von E. Becquerel beobachtete, Pro-

portionalität der Widerstände mit den Längen bei gleichbleibendem Querschnitt. Die Uebereinstimmung der aus der Messung an Capillarröhren von so verschiedenem Durchmesser und aus der Messung am Normalrohre berechneten Leitungsfähigkeit von Lösungen so verschiedener Concentration liefert ferner den Beweis, daß die Widerstände den Querschnitt auch in Capillarröhren, umgekehrt proportional sind. Diese Uebereinstimmung ist in der That eine größere als man erwarten konnte, offenbar weil alle Messungen bei gewöhnlicher Temperatur im ungeheizten Zimmer ausgeführt wurden. Die Schwierigkeit, dem ganzen Apparate eine gleichmäßige Temperatur zu erhalten, ist dadurch sehr vermindert. Eine überwiegende Leitungsfähigkeit zeigen die Flüssigkeitssäulen in den Capillarröhren durchaus nicht, vielmehr sind die Differenzen gesetzlos positiv oder negativ.

Als Grund, weshalb E. Becquerel zu einem anderen Resultat gelangte, sehe ich die verschiedene Erwärmung der Flüssigkeitssäulen an. Bei meinen Versuchen geschieht die Schließung immer nur momentan durch Anschlagen des Contacthebels. Würde man die Schließung nur kurze Zeit andauern lassen, so würde der Widerstand der Flüssigkeit fort und fort abnehmen. Wahrscheinlich blieben die Zweige bei Becquerel's Versuchen längere Zeit geschlossen, und da die Nadel, dadurch ins Gleichgewicht gebracht wurde, daß beiderseits Flüssigkeitssäulen von gleichem Widerstande, aber nicht congruenter, sondern nur ähnlicher Gestalt eingeschaltet wurden, so mußte die beiderseits gleiche Wärme-Erregung eine stärkere Erwärmung der dünneren Säule erzeugen, und dieser also eine überwiegende Leitungsfähigkeit erteilen.

Mißt man mittelst einer Siemens'schen Brücke die Widerstände von Quecksilbersäulen in Capillarröhren, indem man den Contacthebel nur kurz anschlägt, so erhält man eine vollständige Proportionalität zwischen Leistungsvermögen und Querschnitt der Röhren. Läßt man den Contacthebel geschlossen, so nimmt scheinbar der Widerstand des Quecksilbers ab, weil nämlich der Widerstand der me-

senden Kupferspiralen mit der Temperatur schneller wächst, als der des Quecksilbers. Wenn aber E. Becquerel seinen Versuch mit Capillarröhren anstellen würde, welche mit Quecksilber, statt mit einem Elektrolyt gefüllt wären, so würde sich eine Abnahme des Leistungsvermögens mit der Verkleinerung des Querschnittes bemerklich machen.

Erlangen, im April 1863.

X. Ueber das Verhalten der starren Isolatoren gegen Elektricität; von Dr. W. v. Bezold.

(Aus d. Berichten d. Münchener Akad. 1864; vom Hrn. Verf. übersandt.)

Bekanntlich theilt man die Körper hinsichtlich ihres elektrischen Verhaltens in zwei Klassen, in Conductoren und Isolatoren. Während die ersteren der Gegenstand häufiger und eingehender Untersuchungen waren, hat man dem Verhalten der letzteren, obgleich man gerade an ihnen die ersten elektrischen Erscheinungen wahrgenommen hatte und sie deshalb lange Zeit vorzugsweise elektrische, die Leiter aber unelektrische Körper nannte, später doch nur wenig Aufmerksamkeit zugewendet. Man betrachtete sie fast als vollkommen indifferent gegen Elektricität und studirte sie nur in sofern als die Technik der Versuche es erheischte. Eine einzige Erscheinung war es, die immer wieder daran mahnte, daß diese Indifferenz doch keine so vollkommene sey, ich meine, die eigenthümliche Rolle, welche das isolirende Mittel bei Condensatoren, Leydener Flaschen oder Franklin'schen Tafeln spielt, die sich in der sogenannten Rückstandsbildung, d. h. in dem nach der Ladung eintretenden Sinken derselben und in der nach allenfallsiger Entladung wieder auftretenden Ladung kund giebt.)

Diese Thatsache hat zu verschiedenen Forschungen angeregt, die man theilweise in einer Abhandlung citirt

det, die der Verfasser in Poggendorff's Ann. Bd. CXIV S. 404 veröffentlicht hat. Dieser Aufsatz sollte die Einleitung bilden zu den Untersuchungen, deren Hauptresultate er hier in einigen Worten sich mitzutheilen erlaubt.

Es wurde damals erwähnt, daß Kohlrausch der erste und einzige war, welcher sich über das Verhalten der Isolatoren in diesem Falle eine präzise Anschauung gebildet hatte. Er nahm an, daß die Scheidekraft, welche durch die auf den Belegungen vertheilten Elektrizitätsmengen auf irgend einen Theil des Isolators ausgeübt wird, entweder in den kleinsten Theilen Scheidungen bewirke, oder die Theilchen, in denen solche geschiedene Elektrizitätsmengen bereits vorhanden seyen, durch Drehung in eine solche Lage bringe, daß sie ein elektro-statisches Moment auf die Belegungen ausüben, und dadurch die Spannungs-Erscheinungen beeinflussen.

In der erwähnten Abhandlung wurde gezeigt, daß sich aus dieser Anschauung zwei Consequenzen unabweisbar ergeben. Soll nämlich die Kohlrausch'sche Ansicht richtig seyn, so darf

- 1) keine kleine Zwischenschicht, also z. B. das Bindemittel, auf das Verschwinden der Ladung, d. h. auf die Rückstandsbildung, von keinem Einfluß seyn,
- 2) muß, so lange nur die Belegungen groß sind im Verhältniß zu ihrer Entfernung, diese Erscheinung ganz die gleiche bleiben, ob man dicke oder dünne Platten als Isolatoren wählt, so lange diese nur aus demselben Materiale bestehen.

Daß die erstere dieser Folgerungen nicht erfüllt sey, hat der Verf. schon früher nachgewiesen; und auch später bestätigt gefunden.

Nachdem er nun durch gütige Vermittlung des Hrn. Dr. Quincke acht sehr schöne Glastafeln von verschiedener Dicke (paarweise gleich), aus einem Hafen geblasen, und in derselben Weise gekühlt, erhalten hatte, war er in Stand gesetzt, auch auf den zweiten Punkt einzugehen.

Die Versuche ergaben, daß die Veränderungen bei den

verschiedenen Tafeln mit wesentlich verschiedener Geschwindigkeit eintraten, so zwar, *dass sich die Zeiten, welche verstrichen, bis die Ladung um den gleichen Betrag der ursprünglichen gesunken war, sich nahezu wie die Dicken dieser Tafeln verhielten* v).

Die Kohlrausch'sche Ansicht von dem Verhalten der Isolatoren ist mithin durchaus unhaltbar.

Es fragt sich nun, welche Hypothese man an deren Stelle setzen könne.

Die theoretischen Untersuchungen von Kirchhoff und die experimentellen von Kohlrausch haben bekanntlich hinsichtlich der Elektricitätsbewegung in Leitern zu den folgenden Anschauungen geführt.

Sobald ein Strom sich hergestellt hat, befindet sich im Innern der Leiter keine freie Elektricität mehr, sondern nur an der Oberfläche derselben und an den Berührungstellen heterogener Metalle. Diese freien Elektricitäten üben durch Fernwirkung auf die inneren Theile der Leiter Kräfte aus, welche in jedem kleinsten Theilchen beständige Scheidung und Wiederverbindung der Elektricitäten hervorbringen, und somit eine Bewegung der einen Elektricitätsart nach der einen Seite, der anderen nach der entgegengesetzten bedingen.

Kann man nun diese Anschauung auch auf die Isolatoren übertragen, kann man sie einfach als schlechte Leiter betrachten, als Leiter, die sich von den guten nur dadurch unterscheiden, dass die Kräfte, welche erforderlich sind, um gleiche Mengen zu scheiden, ungemein viel größer seyn müssen?

Mit anderen Worten: Ist es die Einwirkung der auf den Belegungen vertheilten Elektricitätsmengen, welche in den kleinsten Theilchen Scheidungen hervorruft, dadurch die beiden Elektricitäten nach beiden Seiten in Bewegung

1) Diese bezieht sich nur, wie alle späteren Vergleiche auf die ersten Minuten nach Mittheilung der Ladung, und die numerischen Ausgaben sind hier bloße Approximationen.

setzt, und hierdurch die Erscheinungen der Rückstandsbildungen bedingt?

Eine theoretische Untersuchung zeigt, daß in diesem Falle der Einfluß von sehr dünnen Zwischenschichten ebenfalls verschwindend klein seyn müßte, wie nach der Kohlrausch'schen Ansicht, und daß der Einfluß der Dicke sich ebenso wenig geltend machen könnte. Ueberdies ließe sich für diese Hypothese leicht die Gestalt der Curve bestimmen, welche die disponible Ladung (das Potential) als Function der Zeit darstellt, und diese steht mit der wirklich beobachteten in Widerspruch. Wir werden mithin zu dem Resultate geführt, daß keinesfalls die Fernwirkung der auf den Belegungen befindlichen Elektricitäten allein es ist, welche im Innern der Isolatoren Elektricitätsbewegungen hervorbringt. Daß aber diese Fernwirkung doch nicht vollkommen ausgeschlossen ist, läßt sich ebenso durch das Experiment beweisen.

Bringt man nämlich eine unbelegte Glasstafel, so zwischen die Platten eines Luftcondensators, daß die letzteren von der ersteren immer noch durch genügend große, mit Luft erfüllte Zwischenräume getrennt sind, um (nach besonderen Versuchen) ein Uebergehen der Elektricität zwischen den Platten unmöglich zu machen, so findet doch einerseits nach dem Laden des Luftcondensators ein stärkeres Sinken dieser Ladung statt, als durch den bloßen Elektricitätsverlust an die Luft erklärbar wäre, und andererseits nach vorgenommener Entladung auch ein Wiederauftreten von Rückständen.

Ein anderer wesentlicher Unterschied zwischen Isolatoren und Leitern giebt sich auch darin kund, daß die Temperatur ihren Einfluß auf das elektrische Verhalten in entgegengesetztem Sinne äußert.

Während eine Temperatur-Erhöhung die Leitungsfähigkeit der festen Leiter vermindert, treten im Isolator die Bewegungen bei höherer Temperatur rascher ein, als bei niedriger, und zwar machen schon sehr kleine Temperatur-

schwankungen ihren Einfluss auf die Rückstandsbildung im höchsten Grade fühlbar.

Es war schon früher beobachtet worden, daß Glas bereits in einer Temperatur von 200 Graden fähig wird, den galvanischen Strom zu leiten; daß aber Temperaturveränderungen wie sie in unseren Zimmern vorkommen, auf die Rückstandsbildung von wesentlichem Einflusse seyn könnten, hat meines Wissens Niemand vermuthet.

Die Versuche ergaben, daß bei den Glastafeln eine Erhöhung in der Temperatur von 10° C. auf 20° C. die Zeit, welche zu gleicher Verminderung der Ladung nöthig war auf die Hälfte, bei Wachs sogar auf ein Zehntel herabdrückte.

Was die Ausführung der Versuche betrifft, so wurden sie sämmtlich im physikalischen Institut der Münchener Universität gemacht, und zwar mit Hülfe eines Kohlrausch'schen Sinus-Elektrometers. Da jedoch die Aenderungen häufig so rasch eintraten, daß eine Beobachtung nach der von Kohlrausch angegebenen Methode unmöglich gewesen wäre¹⁾, so mußte eine kleine, aber, wie dem Verf. scheint, nicht unwesentliche Modification am Instrumente angebracht werden.

Diese bestand in einer getheilten Papierscale, welche im Innern des Gehäuses aufgehängt wurde.

Indem die Werthe der Scalentheile durch empirische Vergleichung auf die directen Angaben des Elektrometers zurückgeführt wurden, war man im Stande, zu beobachten, ohne das Instrument zu berühren.

Diese Einrichtung erlaubte unter günstigen Verhältnissen zehn Beobachtungen in einer Minute zu machen, während nach der ursprünglichen Methode in aller günstigsten Falle höchstens vier Einstellungen in derselben Zeit möglich waren.

Kurz zusammengefaßt ergaben sich nun die folgenden Resultate:

- 1) Bei der dünnsten Tafel (1^{mm},6 dick) sank die Ladung während 20 Sekunden von 100 auf 15, während 60 bis auf 0,92.

1) Auch im Innern der Isolatoren können elektrische Bewegungen eintreten.

2) Diese werden nur theilweise durch die Fernwirkungen der außerhalb auf Leitern angesammelten Elektricitätsmengen hervorgebracht.

3) Diese Bewegungen treten bei höheren Temperatur viel rascher ein als bei niedrigeren.

Die in der Mitte einer 2 1/2 dicken Glasplatte

Der sämtliche innere Raum der Platte bedeckende innere Theil der Glasplatte wurde nun auf beiden Seiten mit einer dünnen Schicht Zinn beschichtet, welche mit einer

XI. Ueber Erwärmung der Glaswand der Leydener Flasche durch die Ladung;

von Dr. W. Siemens,

(Aus d. Monatsberichten d. Berlin. Akad. 1864, Oct.)

Die Temperaturerhöhung der Glaswand der Leydener Flasche durch deren Ladung und Entladung erwärmt werden mußte, so habe ich mir einen Apparat zusammengestellt, durch welchen sich schon sehr geringe Erwärmungen mit Sicherheit erkennen lassen. Das Resultat der damit angestellten Versuche entsprach meinen Erwartungen vollständig.

Die Construction des Apparats ist folgende: Ich ließ feinen Eisendraht und gleich starken Neusilberdraht mit Seide bespinnen. Diese Drähte wurden darauf in etwa 10 Decim.-lange Stücke geschnitten, und je ein Neusilberdraht mit einem Eisendraht zusammengelöthet. Die so verbundenen Drähte wurden auf eine mit Kitt aus Kolophonium und Schellack überzogene Glasplatte gelegt, so, daß die Löststellen von 180 Drähten, ohne sich zu berühren, einen Raum von 10 Decimet. einnahmen. Durch Niederdrücken mit einem erwärmten Eisen wurden die Drähte im Kitt eingeschmolzen und so auf der Platte befestigt. Nachdem nun die benachbarten freien Enden der Drähte mit einander verlöthet waren und dadurch eine Ther-

mosäule von 180 Elementen gebildet war, ward eine ebenfalls mit Kitt überzogene zweite Glasplatte mit der Kittfläche auf die erste gelegt. Durch vorsichtige Erwärmung wurde der Kitt zwischen den Glasplatten darauf erweicht, und ein Theil desselben, mit den vereinzelt Luftblasen welche er umschloß, herausgepresst. Die Thermosäule befand sich mithin jetzt in einer luftfreien Kittschicht genau in der Mitte einer etwa 5^m dicken Glasplatte.

Der sämtliche innere Löthstellen bedeckende mittlere Theil der Glasplatte wurde nun auf beiden Seiten mit etwa 1 □ Dec. großen Stanniolbelegen versehen, welche mit isolirten Zuleitungsdrähten verbunden wurden. Ebenso wurden die beiden frei gebliebenen Enden der Thermosäule mit Kupferdrähten verbunden, welche zu einem empfindlichen Spiegelgalvanometer führten. Der ganze Apparat, mit Inbegriff der äußeren Löthstellen, wurde sorgfältig vor jeder Temperaturveränderung geschützt.

Es genügte dann schon eine kurze Folge von Ladungen und Entladungen mittelst eines Volta-Inductors von etwa 1 Zoll Schlagweite um die Scale meines Galvanometers aus dem Gesichtsfeld zu treiben, und zwar im Sinne der Erwärmung der zwischen den Belegungen liegenden Löthstellen. Diese Ablenkung geht nach Aufhören der Ladungsfolge sehr langsam auf Null zurück. Erst nach mehreren Stunden verschwindet sie gänzlich. Sie ist unabhängig von der Richtung des Ladungsstroms und anscheinend proportional der Zahl von Ladungen und der Schlagweite bis zu welcher die Ladungstafel geladen wurde. Die Bewegung der Scale beginnt sofort nach der ersten Ladung und schreitet dann regelmäßig vor. Berührt man dagegen eine der Belegungen mit dem Finger, so bleibt die Scale noch 2 bis 3 Sekunden unbewegt stehen, bevor sie ihre Bewegung beginnt, die gewöhnlich erst außerhalb des Gesichtsfeldes endet.

Die beobachtete Erwärmung kann weder durch Leitfähigkeit der Glasmasse, noch durch Compression derselben durch die Anziehung der Belegungen, noch endlich durch das

Eindringen der Elektricität in die den Belegungen zunächst liegende Glasmasse entstehen. Der erste Einwand wird durch die Anordnung des Apparats und die beschriebenen Versuche direct beseitigt. Die Erwärmung durch Compression würde durch die auf sie folgende gleich starke Abkühlung durch Expansion ausgeglichen werden könnte, also keine dauernde Erwärmung hervorbringen, selbst wenn die auferst geringe Anziehung dazu ausreichte. Eben so wenig kann die Ursache der Erwärmung im Eindringen der Elektricitäten in die den Belegungen zunächst liegende Glasmasse gesucht werden, da die Ablenkung dann nicht sofort, sondern erst nach Verlauf etlicher Sekunden beginnen könnte. Nimmt man dagegen mit Hrn. Faraday an, daß die Ladung und Entladung auf einem molecularen Bewegungsvorgang in dem die Belegungen trennenden Isolator beruht, so hat die Thatsache der Erwärmung dieses Isolators nichts Auffallendes.

den strengsten Nachweis zu führen, die wichtigsten Resultate.
Es sind zwei Reihen von Feldspathen zu erkennen: die monoklinische Albit-Reihe und die triklinische Albit-Anorthit-Reihe.

XII. Die chemische Zusammensetzung der Feldspäthe; von G. Tschermak.

(Auszug aus d. Sitzungsber. d. Wiener Akad.; vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Zu Werner's Zeit, waren aus der Gruppe der Feldspäthe bloß der gemeine Feldspath (Orthoklas) und der farbenspielende Labrador bekannt. Später fügte G. Rose den Albit und den Anorthit als neue, vollständig charakteristische Arten hinzu, Breithaupt den Oligoklas. Durch diesen und andere Mineralogen wurden ferner eine größere Reihe von Mineralen als neue Arten dieser Gruppe aufgestellt. Mit dem Fortschreiten der Kenntniß schwanden indess die früher geltend gemachten Unterschiede der einzelnen Arten immer mehr, man traf allenthalben Uebergänge. Heute führt man gewöhnlich als Abtheilungen an:

den monoklinischen Orthoklas, ferner den Albit, Oligoklas, Labrador, Anorthit, welche letzteren eine triklinische Form zeigen. Es sind dies jedoch keine von einander abgegrenzten Arten, obgleich man jeder Abtheilung gerne eine bestimmte chemische Zusammensetzung zuschreiben möchte. Jetzt, nachdem Santorius v. Waltershausen, Scheerer, Rammelsberg u. A. auf verschiedene Weise den Zusammenhang zwischen den bekannten Feldspäthen zu ermitteln versuchten, neigen sich die Ansichten der Mineralogen immer mehr dahin, alle Feldspäthe, außer Adular, Albit und Anorthit, als Gemische isomorpher Substanzen zu betrachten. Bei den monoklinen Feldspäthen ist diese Ansicht allgemeiner, bezüglich der triklinen haben schon Hunt und Delesse die Meinung ausgesprochen, daß dieselben als Gemische von Kalk- und Natron-Feldspath anzusehen seien. Ich habe es versucht, bezüglich dieser Ansichten den strengen Nachweis zu führen. Im Folgenden gehe ich die wichtigsten Resultate.

Es sind zwei Reihen von Feldspäthen zu erkennen: die monoklinische Adular-Albit-Reihe und die triklinische Albit-Anorthit-Reihe.

Die Glieder der ersten Reihe bestehen aus dem reinen Kali-Feldspath (Adular) und den Gemengen von Adular

$\text{KO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ oder $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 = \text{Or}$
und von Albit

$\text{NaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ oder $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 = \text{Ab}$.

Dies bestätigt die Resultate der chemischen Analyse, sowie die mineralogischen Beobachtungen am Perthit und an vielen anderen Feldspäthen, die als lamellare Verwachsungen von Adular und Albit erscheinen (Beobachtungen von Gerhard, Breithaupt u. A.); endlich bestätigen es die Zahlen für das Eigengewicht, welche mit den berechneten übereinstimmen, sofern die Rechnung das Ergebniss der Analyse zu Grunde legt und von den Normalzahlen ausgeht, welche ich bestimmte: für Adular $s = 2,558$ für Albit $s = 2,624$.

Man könnte nun erwarten, daß durch die innige Ver-

Wachstum des monoklinen Adular und des triklinen Albit Formen entstehen, welche zwischen den beiden Grundformen liegen; dennoch sind die an den Gemengen vorkommenden Abweichungen von der Adular-Form fast immer unbedeutend. Dieß erkläre ich damit, daß der Albit, wie bekannt, nicht in seiner einfachen Form mit dem Adular verwächst, sondern seine Lamellen aus einer Anzahl zwilingsartig zusammengestützter Individuen bestehen. Denkt man sich nun die Umrisse eines solchen aus gleich dicken Zwillingablättchen bestehenden Individuen, so erhält man eine monokline Form die nur wenig von der Adular-Form abweicht. Daher mag es kommen, daß die Form der Gemenge monoklinisch bleibt. Die beiden Feldspäthe verwachsen nicht immer nach einfachen Mengenverhältnissen, obgleich einfache Äquivalent-Verhältnisse oft vorkommen. Ich bezeichne die Zusammensetzung kurz mit $Or_2 Ab_1$. So z. B. ist der Amazonit $Or_2 Ab_1$, der Perthit $Or_1 Ab_1$.

Die zweite Reihe der Feldspäthe besteht aus den Endgliedern Albit und Anorthit und aus den Gemengen von Albit

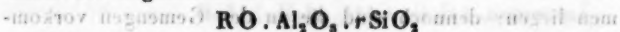
$NaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ oder $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 = Ab$
und von Anorthit

$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ oder $2CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 = An$

Auch dieß wird durch die chemischen Untersuchungen vollkommen bestätigt, wie ich in der Original-Abhandlung nachweise, und die Uebereinstimmung des berechneten und des beobachteten Eigengewichtes ist ein weiterer Beleg. Ich habe dabei als Normalzahl für Anorthit $s = 2,763$ benutzt.

Man hat es hier mit Gemischen isomorpher Substanzen zu thun, denn die Formen des Anorthit und Albit weichen von einander nicht mehr ab als es sonst bei isomorphen Substanzen der Fall ist; eine Durchwachsung wie bei der vorigen Reihe ist daher nicht zu erwarten. Ich bezeichne die Zusammensetzung wieder kurz mit $Ab_1 An_1$. Wenn man die oben links gesetzten älteren Formeln

betrachtet so erkennt man, daß alle Glieder dieser Reihe unter der allgemeinen Formel



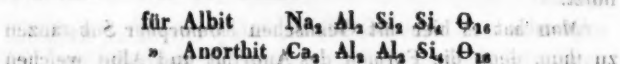
begriffen seyen, wofür r zwischen den Gränzen 2 und 6 liegt, und unter RO sowohl NaO als CaO verstanden wird, also $\text{RO} = a\text{NaO} + b\text{CaO}$ und $a + b = 1$. Danach ergibt sich die Bedingung $a : b = r - 2 : 6 - r$.

Ich führe im Folgenden einige Glieder der Reihe nach den älteren Formeln auf und setze meine kurze Bezeichnung hinzu

				$a : b =$	
Ab	NaO	Al ₂ O ₃	6 SiO ₂	1 : 0	Albit
Ab ₆ An ₁	RO	Al ₂ O ₃	5 SiO ₂	3 : 1	
Ab ₁₀ An ₃	RO	Al ₂ O ₃	4,5 SiO ₂	5 : 3	Oligoklas-Formel
Ab ₃ An ₁	RO	Al ₂ O ₃	4 SiO ₂	1 : 1	Andesin-Formel
Ab ₃ An ₃	RO	Al ₂ O ₃	3,5 SiO ₂	3 : 5	
Ab ₃ An ₃	RO	Al ₂ O ₃	3 SiO ₂	1 : 3	Labrador-Formel
Ab ₃ An ₇	RO	Al ₂ O ₃	2,5 SiO ₂	4 : 7	
An	CaO	Al ₂ O ₃	2 SiO ₂	0 : 1	Anorthit-Formel

In der Natur kommen, wie gesagt nicht nur diese, sondern noch viele andere Zwischenglieder vor. Man sieht, daß bisher die Formeln einiger derselben herausgegriffen und als Norm hingestellt wurden. Die untere $a : b$ stehende Bedingung hatte man dabei nicht gekannt.

Die Isomorphie des Albit und Anorthit, zweier scheinbar so verschieden zusammengesetzten Substanzen, wird begreiflich, wenn man deren atomistische Zusammensetzung betrachtet. Man hat nämlich



woraus die Aehnlichkeit der Zusammensetzung hervorgeht. Die Menge des Siliciums im Albit zerfällt bei diesem Vergleiche in die zwei Gruppen Si₄ und Si₂. Dasselbe zeigt sich bei der Betrachtung mehrerer chemischer Erscheinungen so z. B. wenn aus dem Leucit, aus dem Laumontit, Albit hervorgeht

Leucit $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$,

Albit $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2SiO_2$,

Laumontit $4H_2O \cdot CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$

Albit $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2SiO_2$.

Wenn man die zuvor besprochenen Sätze bezüglich der Mischung der Feldspäthe gelten läßt, so wird man auch wünschen, die jetzige Systematik dieser Gruppe geändert zu sehen. Nach meiner Meinung sollte man dabei zugleich genetischen Verhältnissen einige Rechnung tragen, und auch die glasigen Feldspäthe der Albit-Anorthit-Reihe von ihren gleich zusammengesetzten Verwandten trennen, wie man es mit dem Sanidin dem Orthoklas gegenüber that. Ich habe vorgeschlagen, alle glasigen Feldspäthe der zweiten Reihe Mikrotin, die nicht glasigen (derben) derselben Reihe Plagioklas zu nennen, wonach folgendes Schema entsteht:

Adular Orthoklas Plagioklas
Sanidin Albit Mikrotin Anorthit.

Eine speciellere Eintheilung habe ich in der Abhandlung durchgeführt. Wegen der Aehnlichkeit der Form und Zusammensetzung zähle ich zur Feldspathgruppe noch den Halophan und den Danburit. Der erstere ist ein Gemisch von Barytfeldspath und Adular, der letztere zeigt ebenfalls Feldspathform und repräsentirt einen Borfeldspath indem die Thonerde Al_2O_3 des Anorthit durch Borsäure B_2O_3 ersetzt erscheint.

Man kennt demnach gegenwärtig fünf verschiedene Feldspath-Substanzen, deren Formel ich hier gebe, links deren Namen, rechts die Namen der entsprechenden Gemische anführend

Anorthit	$Ca_2 Al_2 Al_2 Si_4 O_{16}$	} Oligoklas, Andesin, Labrador etc. Orthoklas, Sanidin etc. Hyalophan
Albit	$Na_2 Al_2 Si_4 Si_4 O_{16}$	
Adular	$K_2 Al_2 Si_4 Si_4 O_{16}$	
Barytfeldspath	$Ba_2 Al_2 Al_2 Si_4 O_{16}$	
Danburit	$Ca_2 B_2 B_2 Si_4 O_{16}$	

XIII. Analyse eines Kupferwismutherzes aus Wittichen im badischen Schwarzwalde; von Dr. Hilger,

Assistent am chem. Laboratorium zu Würzburg.

Da über die Constitution dieses seltener vorkommenden Mineralen durch die bis jetzt bekannten Analysen keine vollständig sicheren Aufschlüsse gegeben wurden, so übernahm ich mit um so größerem Interesse die Ausführung der Analyse, wozu mir ebenfalls Hr. Prof. Sandberger das Material lieferte.

Die ältesten Analysen dieses Minerals sind von Klaproth ausgeführt, scheinen weniger von Wichtigkeit zu seyn, da sich ein Verlust von 5,52 Proc. bei der Analyse ergeben hat. Trotzdem findet sich im Handwörterbuche von Rammelsherg (I, 378) von v. Kobell vermuthungsweise die Formel $3\text{Cu}, \text{Bi}$ angenommen. Es folgen nun die Analysen von Schneider¹⁾, der ein Kupferwismuth-erz von der Grube Neuglück zu Wittichen untersuchte und besonders auf einen bedeutenden Gehalt von mechanisch beigemengtem Wismuth aufmerksam macht. Die Menge von metallischem Wismuth, die zu 15,95 Proc. angegeben wird, veranlaßt Schneider folgende Formel aufzustellen:



Seine Analysen ergaben in Procenten: (das Mittel aus drei Analysen, wovon aber bei der dritten nur das Wismuth bestimmt wurde)

16,01 S, 51,54 Bi, 32,25 Cu;

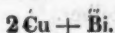
außerdem sind noch geringe Mengen von Fe und Co (1 Proc.) angegeben.

Die Untersuchungen von Schenk²⁾, die zu gleicher

1) Diese Annalen Bd. 93, S. 305.

2) Liebig's Annalen Bd. 91, S. 232.

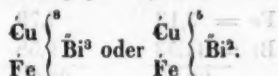
Zeit mit denen von Schneider ausgeführt zu seyn scheinen, führen zu der Formel:



Noch zu erwähnen ist die Arbeit von Tobler¹⁾, der folgende procentische Zusammensetzung angiebt:

S 17,26, Bi 49,65, Cu 31,56, Fe 2,91;

metallisches Wismuth fand sich nicht beigemengt. Nach diesen Resultaten nimmt derselbe an, das das Wismuth als Bisulphuret Bi, zugegen sey und stellt die Formeln auf:



Eine andere Formel ist ausserdem noch angegeben, wenn man das Eisen in Form von Kupferkies beigemengt betrachtet, wonach die Zusammensetzung $\text{Cu}^2 \text{Bi}$ anzunehmen wäre.

Mein Augenmerk war nun zunächst dahin gerichtet, zu constatiren, ob wirklich metallisches Wismuth dem Erze beigemengt sey, weshalb ich auch das Mineral zu wiederholten Malen mit Salzsäure behandelte. Die in der Schneider'schen Arbeit angegebenen Vorsichtsmafsregeln (Erhitzen unter möglichstem Luftabschlusse zur Verhütung eines Ueberganges des $\text{Cu}^2 \text{Cl}$ in Cu Cl , welches letztere metallisches Wismuth auflösen soll) wurden beim Auflösen angewendet, aber nicht die geringste Spur von Wismuth nachgewiesen. Der in Salzsäure unlösliche Rückstand bestand nur aus Gangart »schwefelsaurem Baryt«, wovon das Erz unmöglich ganz befreit werden konnte.

Nachdem hierdurch die Abwesenheit des metallischen Wismuth erwiesen war, zog ich vor, zur quantitativen Analyse die Lösung des Erzes in Salpetersäure anzuwenden, in welcher dann das Wismuth als $(2\text{Bi O}_3, \text{Bi Cl}_3)$, das Kupfer als Rhodanür gefällt wurde. Die Bestimmung des Schwefels geschah theils in saurer Lösung, theils in dem unlöslichen Rückstande nach vorhergegangener Oxydation mit-

1) Liebig's Annalen Bd. 95, S. 307.

Poggendorff's Annal. Bd. CXXV.

telst Salzsäure und chloresurem Kali als Schwefelsäure. Kobalt war nicht nachzuweisen, dagegen Eisen und geringe Mengen von Blei und Silber.

Der Fundort des Minerals war die Grube Daniel in Gallenbach.

Die Resultate der Analyse sind:

Spec. Gew. 4,3.

Berechnete Schwefelmenge.

S	= 18,21	—
Cu	= 36,91	9,31
Fe	= 3,13	1,79
Bi	= 41,53	9,58
	<u>99,78</u>	<u>20,68</u>

Menge des Cu 46,22

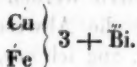
Fe auf Cu berechnet 8,88 Bi = 51,11

55,10

Daraus 51,11 : 55,10 = 1:3,48.

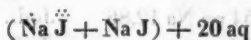
3200 (Atomgew. des Bi) 993,2

Schon das geringere specifische Gewicht, das von Hausmann zu 5 angegeben ist, scheint für die Abwesenheit von mechanisch beigemengtem Wismuth zu sprechen. Ich glaube demnach, nach den vorliegenden Resultaten aussprechen zu dürfen, daß die schon längst vermuthete Formel $3\text{Cu} + \text{Bi}$ die richtige ist. Meine Ansicht ist jedoch, das Eisen als isomorphes Schwefelmetall nicht aus der Formel auszuschließen, sondern die Zusammensetzung des Kupferwismutherzes in nachstehender Weise anzunehmen:



XIV. Ueber das jodsaure Natron-Jodnatrium; von C. Rammelsberg.

Durch Auflösen von Jod in Natronlauge entsteht ein von Mitscherlich¹⁾ entdecktes Doppelsalz, welches in sechsgliedrigen, optisch einaxigen Krystallen anschießt, von Säuren unter Freiwerden von Jod zersetzt wird, und durch Behandlung mit starkem Alkohol in seine beiden Bestandtheile zerfällt. Mitscherlich hatte auf diese Weise 37,1 Proc. jodsaures Natron und 29,2 Jodnatrium erhalten, und demnach die Formel



angenommen, welche verlangt:

Jod	48,10
Natrium	8,71 = Na 11,55
Sauerstoff	9,09
Wasser	34,10
	<hr/> 100.

oder

Jodsaures Natron	37,5
Jodnatrium	28,4
Wasser	34,1
	<hr/> 100.

Penny²⁾ beschrieb später dasselbe Doppelsalz, erhielt es auch aus den beiden einfachen Salzen, gab ihm aber die Formel



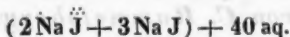
Endlich hat Maignac³⁾, der die Form der Krystalle ausführlich beschrieb (Mitscherlich hat nur ein sechseitiges Prisma mit Endfläche beobachtet), aus seinen Ana-

1) Diese Ann. Bd. 11, S. 162 und Bd. 17, S. 481.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 37, S. 202.

3) Ann. d. Mines. V. Sér. XII. Auch *Archives des sc. phys. et nat.* T. XXXVI.

lysen dieselbe Formel, jedoch mit 40 At. Wasser, abgeleitet,



Die Berechnung beider Formeln ergibt:

Penny.		oder	
Jod	53,45	Jods. Natron	33,33
Natrium	9,68 = Na 13,05	Jodnatrium	37,88
Sauerstoff	8,08	Wasser	28,79
Wasser	28,79		100.
	100.		

Marignac.		oder	
Jod	52,65	Jods. Natron	32,84
Natrium	9,54 = Na 12,86	Jodnatrium	37,31
Sauerstoff	7,96	Wasser	29,85
Wasser	29,85		100.
	100.		

Ich habe mit ziemlich großen Krystallen folgende Resultate erhalten:

Die mit schweflige Säure reducirte Auflösung lieferte Jodsilber, entsprechend 52,58 Proc. Jod.

Durch Behandlung mit Schwefelsäure fanden sich 13,12 Proc. Natron.

Durch starken Alkohol wurden 33,46 Proc. jodsaures Natron ausgeschieden.

Da die Jodbestimmung bei weitem genauer ist, als das Resultat der beiden letzten Versuche, so gebe ich Marignac's Formel den Vorzug.

Wenn das Salz beim Erhitzen sich in Jodnatrium verwandelte, so müßte es 62,19 Proc. liefern (nach Penny 63,3, nach Mitscherlich 56,8 Proc.). Ich erhielt 62,14 Proc., jedoch hatte sich auch etwas Jod entwickelt.

Ist nun das von Mitscherlich beschriebene Salz ein anderes? Wie ich glaube, muß man die Frage vorläufig bejahen.

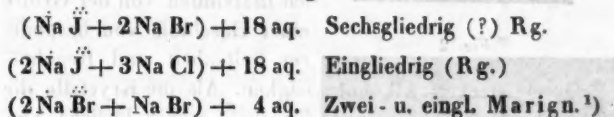
Marignac beobachtete an den Krystallen nicht weniger als zehn verschiedene Rhomboëder, deren Flächen frei-

lich meist sehr schmal sind, und betrachtet als Hauptrhomboëder eines derselben mit einem Endkantenwinkel von $76^{\circ} 41'$, von welchem das erste stumpfere und erste schärfere mit den betreffenden Winkeln $= 101^{\circ} 38'$ und $65^{\circ} 4'$ vorkommen. Vorherrschend aber ist das $\frac{4}{3}$ fach stumpfere und dessen Gegenrhomboëder, die auch an den von mir untersuchten Krystallen fast allein mit Genauigkeit messbar waren. Der Endkantenwinkel dieser beiden Rhomboëder ist $= 83^{\circ} 18'$, und an dem Dihexaëder oder Dirhomboëder, welches sie bilden, ist

	Berechnet.	Beobachtet (Rg.)
der Endkantenw.	128° 54'	129° 12'
der Seitenkantenw.	119 16	
der Neig. d. Fl. : Endfl.	120 22	120 20
» » : Prisma	149 38	149 48.

Vielleicht ist es besser, diese beiden Rhomboëder, für welche $a:c = 1:1,4779$ ist, als Haupt- und Gegenrhomboëder anzusehen.

Von ähnlichen Verbindungen sind bekannt:



XV. Notiz über die Krystallform des essigsauren Uranoxyd-Natrons; von Carl, Ritter von Hauer.

Beim Aufziehen mehrerer Krystalle dieser Doppelverbindung $[\text{Na O} \cdot \bar{\text{A}} = 2(\text{Ur}_2\text{O}_3 \cdot \bar{\text{A}})]$ bemerkte ich, daß einige Individuen auffallend in ihrem Wachstume zurückblieben.

1) Nach Fritzsche $= 3\ddot{\text{Na}}\ddot{\text{Br}} + 2\text{Na Br} + 6\text{ aq.}$

Diese Krystalle hatten die Größe eines Hirsekornes. Bei näherer Betrachtung ergab sich, daß die Krystalle Granatoëder von ausgezeichneter Regelmäßigkeit waren. Bekanntlich ist das essigsäure Uranoxyd-Natron bisher nur in der Form des Tetraëders mit dreiflächiger Zuspitzung der Ecken durch das Granatoëder beobachtet worden. In krystallographischer Beziehung ist diese Erscheinung in sofern von Interesse, als unter der großen Anzahl krystallisirter Laboratoriumspräparate keins bekannt ist, welches in der Granatform auftritt.

Fig. 1



Fig. 2



Als ich einige dieser Granatoëder noch weiter fortwachsen ließ, traten an denselben später die Tetraëderflächen auf, wie Fig. 1 zeigt, welche das Ausdehnungs-Verhältniß der Flächen ersichtlich macht.

Durch zweijähriges Aufziehen der Tetraëder erhielt ich Individuen von der Größe einer Haselnuß von besonderer Seltenheit und Regelmäßigkeit. Als die Krystalle die für diese wenig lösliche Verbindung ansehnliche Größe erreicht hatten, traten an denselben die Flächen des Gegen-tetraëders auf. Das Ausdehnungsverhältniß der Flächen ist in Fig. 2 ersichtlich gemacht.

XVI. Ueber eine neue Einrichtung der Quecksilber-Luftpumpe; von J. C. Poggendorff.

(Aus d. Monatsberichten d. Berl. Akad. 1863 April.)

Die in neuerer Zeit wieder in Aufnahme gekommene Quecksilber-Luftpumpe ist im Grunde genommen ein sehr altes Instrument. Denn wenige Jahre, nachdem Otto v. Guericke die Kolben-Luftpumpe erfunden hatte, und wahrscheinlich unbekannt mit seiner Erfindung, benutzten die Mitglieder der *Accademia del Cimento* zu allen ihren Versuchen über das Verhalten der Körper im Vacuo ein gerades, oben gefäßförmig erweitertes Barometerrohr von größerer als zur Messung des Luftdrucks erforderlicher Länge, welches sie mit Quecksilber füllten und dann umgekehrt in dasselbe Metall eintauchten.

Die vielfachen Mängel dieser rohen Vorrichtung, welche wohl als eine Quecksilberpumpe angesehen werden kann, und besonders die außerordentlichen Fortschritte, welche die Construction der Kolben-Luftpumpe seit den Zeiten Boyle's und Papin's im ganzen Laufe des 18. und 19. Jahrhunderts gemacht hat, sind Veranlassung gewesen, daß die Idee der Florentiner Akademiker ganz in Vergessenheit gerathen ist.

Erst länger denn 50 Jahre hernach, sehen wir den Vorschlag gemacht, den Gebrauch des Quecksilbers zum Exäntiliren durch Construction eines besonderen Instruments wieder zur Geltung zu bringen. Derselbe ging aus von dem bekannten Theosophen Emmanuel Svedenborg, der ihn in seinem 1722 zu Leipzig erschienenen Werke: *Miscellanea observata circa res naturales et praesertim circa mineralia, ignem et montium strata* beschrieben hat.

Svedenborg's Pumpe bestand im Wesentlichen aus einem Tischchen mit drei hohen Beinen, welches die zu evacuierende Glasglocke trug, und unterhalb mit einem eisernen Gefäß verbunden war, von dem ein Eisenrohr senk-

recht herabging, welches unten durch einen Lederschlauch mit einem zweiten Eisenrohr zusammenhing. Durch Aufrichten und Niederlegen dieses beweglichen Rohrs, wurde das Quecksilber, welches beide Rohre füllte, zum Steigen und Sinken gebracht, und somit das eiserne Gefäß, welches mit den nöthigen Ventilen versehen war, abwechselnd mit dem flüssigen Metall gefüllt und wiederum geleert.

Dieses Princip ist dasselbe, zu welchem Joseph Baader bei seiner zweiten Quecksilberpumpe überging, nur in verbesserter Gestalt, indem er den Lederschlauch Svedenborg's, von dessen Idee er übrigens nichts gewußt zu haben scheint¹⁾, durch ein Metallgelenk ersetzte. Bei seiner ersten Pumpe, die er 1784 in Hübner's physikal. Taschenbuch beschrieben hatte, waren die beiden Rohre, das herabgehende und das in die Höhe führende, unverrückbar mit einander verbunden, und das Senken des Quecksilbers in dem Verdünnungs-Gefäß geschah, indem die nöthige Menge des flüssigen Metalls durch einen Hahn in der unteren Biegung der Röhre abgelassen wurde. Einschütten des ausgeflossenen Quecksilbers in die aufrechte Röhre, nachdem der Hahn verschlossen und das Verdünnungs-Gefäß zur Fortschaffung der eingesogenen Luft geöffnet worden, stellte den anfänglichen Zustand wieder her.

Diese Pumpen, die übrigens, wie es scheint, nie von ihren Urhebern zur Ausföhrung gebracht worden sind, haben aber nicht den Beifall der Physiker erlangt; und dasselbe gilt von all den Pumpen, welche successive von Hindenburg, Michel, Cazalet, Kemp, Edelcrantz, Patten, Oechsle, Romershausen, Uthe, Mile, Kravogl u. A. theils vorgeschlagen, theils wirklich hergestellt worden sind, und in welchen meistens das Quecksilber durch einen Kolben bewegt wird.

Erst in neuester Zeit ist die Quecksilber-Luftpumpe zu

1) Es gebührt wohl Gren das Verdienst, zuerst an Svedenborg erinnert zu haben, indem er aus dessen Werk die bezügliche Stelle nebst Abbildung in sein Journ. d. Physik von 1791 (Bd. IV. S. 407) einrückte.

Ansehen gelangt, seitdem der Glaskünstler Geifler in Bonn sie zur Anfertigung der nach ihm benannten evacuirten Röhren benutzt, und dabei ein Vacuum von einer Vollkommenheit dargestellt hat, wie es mit der besten Kolben-Luftpumpe nicht zu erhalten ist.

Die Geifler'sche Pumpe, welche dem größeren Publicum zuerst durch eine hier i. J. 1858 erschienene Schrift des Dr. Theodor Meyer über das geschichtete elektrische Licht bekannt geworden ist, weicht in ihrem Principe nicht von der Svedenborg'schen ab, hat aber eine ihrem speciellen Zweck mehr entsprechende Gestalt. Sie ist bis auf das Gummirohr, welches den ehemaligen Lederschlauch ersetzt, ganz aus Glas verfertigt, und, was die Theile betrifft, welche die zu evacuierende Röhre mit dem Pumpenkörper verbinden, das Hineinbringen verschiedener Gase und das Austrocknen derselben gestatten, mit großer Sauberkeit und Geschicklichkeit ausgeführt. Dagegen ist die Vorrichtung zum Aufrichten und Niederlegen des beweglichen Rohrs nur roh, und leicht Beschädigungen ausgesetzt. Anfangs wurden diese Operationen ganz aus freier Hand vollzogen, späterhin, da sich dieses bei einem Glasrohr und einer Quecksilbermasse von 30 bis 40 Pfund als zu beschwerlich und gefährlich erwies, mit Hülfe einer Winde.

In neuester Zeit hat der hiesige Geifler Pumpen kleinerer Art construirt, welche nur 15 Pfund Quecksilber fassen. Bei diesen sind die beiden Glasrohre ersetzt durch einen langen und starken Gummischlauch, welcher das ovale Verdünnungsgefäß mit einer Glaskugel von gleicher Capacität verbindet. Und die Operation des Evacuierens geschieht dadurch, daß die Glaskugel aus freier Hand abwechselnd auf den Fußboden und auf ein neben der Pumpe befindliches Gestell gelegt wird. Diese Vorrichtung ist einfach, muß aber das Bedenken erregen, ob der Gummischlauch lange vorhalten werde; außerdem erfordert die Operation einen nicht unbedeutenden Kraftaufwand und setzt den Apparat leicht Gefahren aus.

Die Quecksilberpumpe, sie mag nun auf die eine oder

andere Weise construirt worden seyn, ist wegen Langsamkeit der Operation, nur geeignet, Gefäße von kleiner Räumlichkeit zu evacuiren, und wenn sie auch hierbei einen höheren Grad von Verdünnung gestattet, wird sie doch nie die gewöhnliche Luftpumpe aus den Cabinetten verdrängen.

Diese Ueberzeugung und der Umstand, daß denn doch heut zu Tage jeder Physiker ohnedieß schon mit einer Luftpumpe versehen ist, brachte mich im Laufe des vorigen Sommers auf den Gedanken, sie wo möglich so abzuändern, daß sie ein Anhängsel zu der gewöhnlichen Luftpumpe bilde, welches sich, je nach Bedürfnis, mit derselben verknüpfen und wieder von ihr abtrennen lasse.

Die Ausführung dieses Gedankens hat keine praktische Schwierigkeit, vertheuert das Instrument nicht, erlaubt es in jeder beliebigen GröÙe darzustellen, und macht die Operation des Evacuirens zu einer bequemen und völlig gefahrlosen.

Um aus Erfahrung über die Sache sprechen zu können, habe ich zur Probe ein solches Hilfs-Instrument anfertigen lassen, und wie vorausszusehen hat es meinen Erwartungen vollkommen entsprochen. Ich glaube daher, daß die Veröffentlichung desselben den Physikern von einigem Nutzen seyn kann.

Der Körper des Instruments (Taf. I, Fig. 2) besteht wesentlich aus zwei Theilen, nämlich: 1) einer Glasflasche *A* (bei meinem Exemplar etwa 12" hoch und 6" im Durchmesser) mit etwas weitem Hals und einer seitlichen Tubulatur, und 2) einem eiförmigen Glasgefäß *B* mit kurzem Hals nach oben, und einem langen nach unten, mit welchem es in den Hals der Flasche eingeschliffen ist und fast bis zum Boden derselben hinabreicht.

Auf die Tubulatur der Flasche *A* ist eine Kappe von Eisen gekittet, versehen mit einem Canal, der nach außen in einer Dille *i* mündet, und durch einen Hahn *f* luftdicht verschlossen werden kann.

Ebenso ist der obere Hals des eiförmigen Gefäßes *B*

mit einer eisernen Kappe versehen, deren Canal durch den Hahn *g* verschließbar ist und zunächst zu dem Fläschchen *d* führt, welches auf seinem Halse die aufgekittete eiserne Dille *k* trägt.

Der letztgenannte Hahn *g* hat einen dreifachen Zweck und eine demgemäße Bohrung.

Steht sein Griff senkrecht mit dem Ende *p* nach unten, so setzt er das Gefäß *B* mit dem Fläschchen *a*, und, sobald die Dille *k* offen ist, mit der äußeren Luft in Verbindung.

Neigt er unter 45° , so schließt er das Gefäß vollständig ab, und liegt er horizontal, mit dem Ende *p* nach links, so errichtet er eine Communication zwischen diesem Gefäß und einem Seitenkanal *l*, an welchen die zu evacuierenden Gegenstände luftdicht angesetzt worden ¹⁾.

Die Verknüpfung dieses Apparats mit der Luftpumpe geschieht durch einen Gummischlauch, der an jedem Ende mit einem hohlen konischen Metallzapfen versehen ist.

Der eine dieser Zapfen wird in das Loch gesteckt, mit welchem der Haupthahn *h* jeder Luftpumpe immer schon versehen ist, um evacuirte Gefäße entweder vom Pumpenkörper absperrern oder wieder mit Luft füllen zu können, und der andere Zapfen wird abwechselnd in eine der Dillen *i* und *k* gesteckt.

Soll der Apparat functioniren, so muß zuvörderst die Flasche *A* bis nahe an ihre Tubulatur mit Quecksilber gefüllt werden, wozu bei meinem Exemplar 40 Pfund erforderlich sind; dann muß der Haupthahn *h* der Luftpumpe so gestellt seyn, daß der in ihn eingesteckte Gummischlauch mit den Stiefeln communicirt.

Hierauf wird der andere Zapfen des Schlauchs in die

- 1) Dieser Seitenkanal *l* ist in der Figur, der Deutlichkeit halber, als rechtwinklich gegen den Hahn *g* dargestellt; es ist aber besser denselben in der Verlängerung dieses Hahnes anzubringen, und letzterem eine ähnliche doppelte Bohrung zu geben, wie sie der Hahn *h* der Luftpumpe besitzt. Dadurch wird verhütet, daß Quecksilber in den Kanal *l* komme.

Dille *k* gesteckt, der Griff des Hahnes *g* senkrecht, mit *p* nach unten, gestellt und die Pumpe in Bewegung gesetzt.

Zwei Kolbenhübe meiner Pumpe sind hinreichend, um das Quecksilber auf die erforderliche Höhe zu bringen, d. h. nicht allein das Gefäß *B* vollständig zu füllen, sondern auch, was zur sicheren Verdrängung aller Luft nothwendig ist, noch durch den Hahn *g* in das darüber befindliche Fläschchen *d* zu treiben.

Nachdem dieses geschehen, wird der Hahn *g*, mit *p* nach links, unter 45° gestellt, also das Gefäß *B* verschlossen, der Zapfen des Schlauchs zur oberen Dille *k* herausgezogen, in die untere *i* eingesetzt, und mit dem Pumpen wieder begonnen.

Vier Kolbenhübe meiner Pumpe reichen aus, um das Gefäß *B*, trotz seiner ansehnlichen Gröfse, wieder vom Quecksilber zu leeren, und somit darin ein Vacuum herzustellen, wie es ohne Auskochen des Quecksilbers nicht vollkommener zu erhalten ist.

Um nun dieses Vacuum seinem Zwecke gemäß zu benutzen, wird der Griff des oberen Hahns *g* horizontal gedreht, mit dem Ende *p* nach links, wodurch der Seitenkanal *l* und die damit verknüpften Röhren oder sonstige Hohlkörper mit dem luftleeren Gefäß *B* in Communication treten.

Sicherheits halber kann man vorher die Flasche *A* durch den Hahn *f* abschließen, wiewohl es nicht nöthig, so lange die Verbindung mit der Pumpe unterhalten bleibt. Auch ist nach vollzogener Evacuation das Gefäß *B* wiederum durch Drehung des Hahnes *g* zu verschließen.

Dies ist im Allgemeinen der Gang der Operation des Evacuierens, die natürlich so oft als nöthig wiederholt werden muß.

Sie erfordert, wie man sieht, keinen grofsen Kraftaufwand und ist auch mit keiner Gefahr verknüpft, zumal der Apparat in ein starkes Holzgefäß *C* von solcher Gröfse gestellt ist, dafs es in dem kaum denkbaren Fall eines Unglücks die ganze Quecksilbermasse aufzunehmen vermag.

Jede Wiederholung der Operation beginnt übrigens damit, daß man die Flasche *A* von der Pumpe trennt, und durch vorsichtige Drehung des Hahnes *f* das Quecksilber langsam in das Gefäß *B* emporsteigen läßt. Bei der geringen Capacität, welche meistens die evacuirten Hohlkörper besitzen, füllt sich dasselbe wiederum größtentheils von selbst, so daß man, nach Oeffnung des Hahns *g*, nur wenig Luft zur oberen Dille herauszuziehen braucht.

Es versteht sich wohl von selbst, daß dieser Apparat, wenn er sorgfältig ausgeführt worden ist, dasselbe leisten muß wie die Geißler'sche Pumpe, da er ja nur durch die Methode des Exantlirens von derselben abweicht.

Von den vorläufigen Versuchen, welche ich mit demselben angestellt habe, will ich hier nur eines erwähnen, welcher geeignet ist, die Meinung zu widerlegen, als könne man mittelst der Quecksilberpumpe ein absolutes Vacuum herstellen. Ich habe nämlich versucht, ob das Verdünnungs-Gefäß *B*, nachdem es vom Quecksilber geleert worden, einen elektrischen Strom durchlasse. Und das ist wirklich der Fall. Verbindet man die eisernen Kappen des Apparats mit den Polen des Inductoriums, nachdem man durch den Hahn *f* einen Eisendraht in das Quecksilber der Flasche *A* gesteckt hat, so erhält man die bekannte Licht-Erscheinung aufs Schönste ausgebildet.

Zunächst dient der beschriebene Apparat, wie gesagt, nur zum Evacuiren von kleinen Hohlkörpern, die direct mit dem Seitenkanal *l* verknüpft werden. Er läßt sich indeß auch zum Auspumpen größerer Gefäße benutzen, z. B. zum Auspumpen von Glocken, die einen Teller erfordern.

Dies wird erreicht, indem man den eben erwähnten Seitenkanal *l* durch ein biegsames Metallrohr mit der Luftpumpe in Verbindung setzt, und zwar mittelst des Hahns *m* der bei der Pistor'schen Pumpe zu der Hawksbee'schen Barometerprobe führt und zu diesem Zweck mit einer zweiten Bohrung, ähnlich der im Haupthahn *h*, versehen werden muß.

Stellt man nun den Haupthahn *h* zuvörderst so, daß eine Communication zwischen den Pumpenstiefeln und der auf dem Teller gesetzten Glocke errichtet ist, so kann man diese erstlich so weit evacuiren als es die Pumpe gestattet; und wenn man darauf den Haupthahn um einen rechten Winkel zurückdreht und durch den Gummischlauch mit dem Quecksilber-Apparat verknüpft, ist man durch die vorhin beschriebenen Operationen im Stande, das Evacuiren fortzusetzen und ein vollkommneres Vacuum herzustellen.

Es verlangt diess aber, wie natürlich, eine völlige Luftdichtheit aller Verbindungen, und wird auch dann noch ein langwieriges Geschäft bleiben, wenn das Volum der zu evacuierenden Glocke etwas beträchtlich ist gegen das des Verdünnungsgefäßes *B* der Quecksilberpumpe.

Die Idee zu der eben beschriebenen Vorrichtung kam mir im vorigen Herbst auf der Naturforscherversammlung in Gießen, wo ich Gelegenheit hatte, einigen von dem Bonner Geißler mit seiner Pumpe angestellten Versuchen beizuwohnen, aber auch Zeuge seyn sollte, wie leicht das Instrument durch ungeschickte Hände zertrümmert werden kann.

Nach meiner Rückkehr nach Berlin beschloß ich, meine Idee wenigstens versuchsweise sogleich verwirklichen zu lassen. Ich hatte sie bereits einem Mechanicus zur Ausführung übergeben, als ich, zu meiner nicht gerade angenehmen Ueberraschung aus dem unterdeß bei mir angelangten Septemberheft des *Philosoph. Magazine* ersah, daß der Rev. T. R. Robinson, derselbe, dem wir eine schätzbare Untersuchung über die Spectrallinien verdanken, schon eine Quecksilberpumpe nach ähnlichem Principe hatte verfertigt lassen.

Indeß fällt seine Idee nur zur Hälfte mit der meinigen zusammen. Er benutzt zwar, wie ich, zum Ausziehen des Quecksilbers aus dem Verdünnungsgefäß eine gewöhnliche Luftpumpe, aber zum Füllen desselben gebraucht er noch einen besonderen Apparat, einen aufrechten, 13 Zoll hohen

und 3,2 Zoll weiten Cylinder von Gussseisen, aus welchem mittelst eines Holzstempels das Quecksilber durch Druck in das Verdünnungsgefäß getrieben wird.

Dadurch und durch andere Einrichtungen wird das Instrument, das übrigens nur 10 Pfund Quecksilber faßt, so complicirt und ungeschickt in seiner Form, daß schwerlich anzunehmen ist, es werde sich eines großen Beifalls bei den Physikern erfreuen. Und daher habe ich dann auch nicht geglaubt, mit der Ausführung und Veröffentlichung meiner Idee anstehen zu dürfen.

Schließlich will ich noch erwähnen, daß wenn man sich darauf beschränken will, bloß einfache Röhren mit eingelassenen Platin- oder Aluminium-Drähten zu evacuiren, man gar nicht einer eigentlichen Quecksilberpumpe bedarf, und doch einen eben so hohen und selbst höheren Grad von Luftverdünnung erreichen kann als mittelst dieser.

Es ist dazu weiter nichts erforderlich als eine kleine Entbindungsflasche, die man etwa zur Hälfte mit Quecksilber füllt, und deren Hals und Tubulus durch Pfropfen verschlossen worden sind. Durch den Pfropfen des Tubulus steckt man einen eisernen Kanal, der durch einen Hahn verschließbar ist und nach aufsen in einer Dille ausläuft, und durch den Pfropfen des Halses schiebt man eine etwa 8 bis 10 Zoll lange Glasröhre, die ungefähr in der Mitte der zu evacuirenden Röhre und rechtwinklich an dieselbe angeschmolzen seyn muß.

Zunächst schiebt man die Ansatzröhre nur so tief hinab, daß sie ein wenig in das Quecksilber eintaucht, kehrt dann die Flasche um, damit sich die zu evacuirende Röhre mit Quecksilber fülle, kocht, wenn man will, dasselbe aus, richtet die Flasche langsam wieder auf, während man die Ansatzröhre immer tiefer fast bis zum Boden derselben hineinschiebt, und verbindet nun die Dille des Hahns im Tubulus auf früher angegebene Weise durch einen Gummischlauch mit der Luftpumpe. Es wird kaum ein halber Kolbenhub nöthig seyn, um die Röhre zu evacuiren, die

man nun, nachdem der Hahn verschlossen und der Gummischlauch abgetrennt worden, entweder abschmelzen oder mit der Flasche in Verbindung lassen kann.

Obwohl in der Flasche nur ein sehr geringer Grad von Luftverdünnung nöthig ist, um die Röhre vollständig zu evacuiren, so ist es doch gerathen, besonders wenn man die Röhre nicht sogleich abschmelzt, die beiden Pfropfen vor dem Auspumpen wohl mit Siegelack zu überziehen.

XVII. *Ueber Nebenringe am Newton'schen Farbenglase; von J. Stefan.*

(Aus d. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1864; vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

In einer früheren Note habe ich mitgetheilt, daß man am Newton'schen Glase neben den farbigen Ringen ein System von feinen Halbkreisen wahrnimmt, wenn man die Pupille zum Theil mit einem feinen Glimmerblättchen bedeckt¹⁾. Diese Halbkreise befinden sich auf jener Seite des Farbenglases, welcher der unbedeckte Theil der Pupille zugewendet ist. Der Abstand des mittleren dieser Halbkreise vom Centrum der Newton'schen Ringe wurde der Quadratwurzel aus der Dicke des Blättchens proportional gefunden.

Seitdem habe ich eine solche secundäre Interferenzerscheinung am Newton'schen Glase noch auf eine andere Weise beobachtet. Wenn man schief gegen das Farbenglas sieht, so ist das vom Auge aufgenommene Licht immer theilweise polarisirt. Man überzeugt sich davon, wenn man das Farbenglas durch eine Turmalinplatte oder ein Nicol'sches Prisma betrachtet, bei dessen Drehung das Farbenglas heller und dunkler wird. Stellt man den Nicol so, daß das Farbenglas dunkel erscheint und bringt zwischen Farbenglas und Nicol eine parallel zur Axe geschnittene Quarzplatte von z. B. einem oder zwei Millimetern

1) Diese Ann. Bd. 123, S. 650.

Dicke, so daß die optische Axe der Platte gegen den Hauptschnitt des Nicols unter einem Winkel von 45 Graden geneigt ist, so sieht man am Farbenglase eine Reihe von Nebenringen, die zu demselben Centrum gehören, wie die primären Newton'schen, von diesen aber um so entfernter sind, je dicker die eingeschobene Quarzplatte ist. Dieses secundäre Ringsystem besteht aus einem mittleren schwarzen Ringe, an den sich farbige gegen das Centrum und gegen die Peripherie des Farbenglases hin anschließen.

Von jeder Stelle des Farbenglases kommen zwei Strahlen in's Auge, ein an der oberen und ein an der unteren Gränze der eingeschlossenen Luftschicht reflectirter. Jeder dieser Strahlen theilt sich beim Eintritte in die Quarzplatte in zwei, in den ordentlich und in den außerordentlich gebrochenen. Letzterer pflanzt sich in der Quarzplatte langsamer fort, als der ordentliche. Betrachten wir jetzt die zwei Paare: den außerordentlichen Antheil des von der Vorderfläche und den ordentlichen Antheil des von der Hinterfläche der Luftschicht kommenden Strahles als das erste Paar, die beiden anderen als das zweite Paar. Der Gangunterschied der beiden Antheile des ersten Paares wird offenbar durch die Quarzplatte herabgesetzt, der des zweiten Paares vergrößert. Die Verringerung des Gangunterschiedes im ersten Paare macht es, daß die Interferenz seiner beiden Antheile dem Auge wieder sichtbar wird. An jenen Stellen des Farbenglases, für welche die Quarzplatte den beim Durchlaufen der Luftschicht entstandenen Gangunterschied aufhebt, entsteht der mittlere schwarze Ring. Für die gegen das Centrum hin folgenden Ringe ist der durch die Quarzplatte ertheilte Gangunterschied dem absoluten Werthe nach größer als der vorhandene; da die beiden entgegengesetzten Zeichens sind, so bleibt ein um so größerer Rest übrig, je dünner die Luftschicht an der betreffenden Stelle ist. Für die gegen die Peripherie hin liegenden Ringe gilt das umgekehrte. Diese liegen an Stellen, für welche der durch die Luftschicht gegebene Gangunterschied den durch die Quarzplatte ertheilten über-

wiegt, so daß ein Rest bleibt, der um so größer ist, je dicker die Luftschicht an der betreffenden Stelle. Je weiter also einer der Nebenringe von dem mittleren entweder gegen das Centrum oder gegen die Peripherie hin entfernt ist, einem desto größeren Gangunterschiede der Strahlen entspricht er.

Bei dem Versuche mit dem Glimmerblättchen tritt eine Herabsetzung des Gangunterschiedes ein zwischen jenen Strahlen, welche von der Vorderfläche der Luftschicht reflectirt werden und durch das Blättchen gehen und jenen, welche von der Hinterfläche der Luftschicht zurückgeworfen, frei in das Auge treten. Hingegen wird der Gangunterschied der Strahlen, welche von rückwärts kommen und durch das Blättchen gehen, und jener, welche von vorne kommen und frei gehen, vergrößert.

Bei beiden Versuchen tragen jene Strahlen, die eine Vergrößerung des Gangunterschiedes erfahren haben, zur Erzeugung der secundären Ringe oder Halbkreise nichts bei.

Man kann Nebenringe am Newton'schen Glase noch dadurch erzeugen, daß man zwischen Nicol und Farben-
glas eine Quarzsäule mit senkrecht zur Axe geschliffenen Flächen bringt. Diese Säule muß aber eine beträchtliche Dicke haben, z. B. 30 Millimeter oder mehr. Die Nebenringe schliessen sich an die Newton'schen an. Eine Aenderung des Gangunterschiedes erfahren hier die schief zur Axe durch die Säule gehenden Strahlen. Bei dünneren Platten verwischt sich die Erscheinung der Farbenringe, welche solche Platten im Polarisationsapparate zeigen, mit den Newton'schen Ringen.

XVIII. Einige Bemerkungen bezüglich der Polarisationsbatterie; von Prof. Julius Thomsen in Kopenhagen.

In diesen Annalen Bd. CXXIV, S. 498 habe ich eine kurze Beschreibung eines neuen Apparats, den ich Polarisationsbatterie nenne, gegeben. In einer Anmerkung zu dieser Mittheilung schreibt der geehrte Hr. Prof. Poggendorff: »Möge der Hr. Verf. mir hier die Bemerkung erlauben, daß sein Apparat wohl nur hinsichtlich der Constructionsart auf Neuheit Anspruch machen kann; in anderer Form habe ich denselben, nebst dem ihm zu Grunde liegenden Princip, schon vor länger als 20 Jahren beschrieben.« Diese Worte veranlassen mich zu folgenden Bemerkungen.

In der an angegebenen Orte citirten Originalabhandlung habe ich die verwandten Arbeiten von Ritter, Poggendorff und Grove über die secundäre Säule und die Gasbatterie hinlänglich erwähnt; dagegen habe ich es als überflüssig gehalten, dergleichen bekannte Sachen in der kurzen Mittheilung ($2\frac{1}{2}$ Seiten), die sich in diesen Annalen befindet und nur die Beschreibung des Apparats enthielt, aufzunehmen ¹⁾.

Vergleichen wir aber jetzt die secundäre Säule des Hrn. Prof. Poggendorff mit der Polarisationsbatterie. Zwar liegt beiden Apparaten dasselbe Princip zu Grunde, aber in dem Arrangement und in den Wirkungen sind die beiden Apparate wesentlich verschieden.

In dem Apparate des Hrn. Prof. Poggendorff werden *sämmtliche* Platinplatten *gleichzeitig* polarisirt; in mei-

1) Ich bin weit entfernt, dem geehrten Hrn. Verf. das Verdienst der Verbesserung meines Apparates streitig machen zu wollen, glaube aber doch noch jetzt, daß ein Paar Worte über letzteren, selbst in dem kurzen Auszuge, für die Leser der Annalen nicht überflüssig gewesen wären. Ich würde ebenso urtheilen, wenn die Sache auch nicht meine Person beträfe.

nem Apparat wird dagegen das *eine Plattenpaar nach dem anderen* der Reihe nach polarisirt. Welche sind die daraus resultirenden Verschiedenheiten in der Construction und in den Wirkungen der beiden Apparate?

Der Apparat des Hrn. Prof. Poggen dorff bedarf einen sehr *complicirten* Ladungsapparat und giebt einen *discontinuirlichen* Strom; die Polarisationsbatterie hat dagegen einen sehr *einfachen* Ladungsapparat und giebt einen *continuirlichen* Strom.

In dem erstgenannten Apparate ist der Strom der Batterie unterbrochen so oft die Polarisation der Platten stattfindet; bei der Polarisationsbatterie ist der Batteriestrom vollständig *continuirlich*, indem die Polarisirung der Zellen den Batteriestrom durchaus nicht unterbricht. Der Strom der Polarisationsbatterie ist so *constant*, das die Nadel der Sinusbussole mit Coconaufhängung bei einem Ausschlag von 30° eine auf Minuten constante Stellung behauptet. Die Continuität zeigt sich auch durch die physiologischen Wirkungen; denn faßt man die Pole der Polarisationsbatterie mit den Händen *fest* an, so spürt man, obgleich das Galvanoskop einen starken Strom anzeigt, durchaus keine Zuckungen; man fühlt nur die Wärme des Stromes, wie es der Fall ist bei allen *continuirlichen* Strömen. Wird aber der Strom künstlich unterbrochen, dann treten die physiologischen Wirkungen äußerst kräftig hervor.

Im Apparate des Hrn. Prof. Poggen dorff hat der Ladungsapparat folgende Umschaltungen zu verrichten: 1) alle Verbindungen zwischen den Platten der Batterie aufzuheben; 2) die Platten wieder als ein einzelnes Plattenpaar zu vereinigen; 3) alle Verbindungen nochmals aufzuheben, und 4) die Platten als Batterie wieder zu verbinden. Dieses erfordert einen sehr *complicirten* Apparat, selbst bei Anwendung der von Hrn. J. Müller construirten Ladungswülste. Man denke sich z. B. einen Apparat mit 50 Plattenpaaren; dann sind 50 Becher mit je zwei Platinplatten, 100 Federcontacte und wenigstens 100 Plattencontacte erforderlich.

In der Polarisationsbatterie sind dagegen alle Theile der Batterie unbeweglich und mit einander fest verbunden. Jede Platinplatte entspricht ferner zweien Platinplatten in dem andern Apparate. Der einzige bewegliche Theil ist die Axe, welche die beiden Pole des polarisirenden galvanischen Apparates trägt.

Dieses sind die wesentlichsten Unterschiede zwischen der secundären Säule des Hrn. Prof. Poggendorff und der Polarisationsbatterie. Das Princip, welches beiden zu Grunde liegt, nämlich die Polarisation der Platinplatten zu benutzen, um einen quantitativ starken galvanischen Strom in einen Strom von hoher Spannung umzuändern, ist dasselbe; aber die Polarisationsbatterie ist der einzige bis jetzt construirte Apparat, in welchem ein continuirlicher elektrischer Strom von hoher Spannung und constanten Stromstärke mittelst eines einzelnen galvanischen Elements erlangt wird.

XIX. Beobachtungen über ein am 13. Dec. 1863 in Hermannstadt stattgefundenes Gewitter ungewöhnlicher Art; von Dr. G. A. Kayser.

(Aus d. Verhandll. u. Mittheill. d. siebenbürg. Vereins für Naturwiss. 1864. No. 2), vom Hrn. Verf. übersandt.)

Der durch seine trockene, verhältnißmäßsig milde, schneee- und regenlose Witterung ohnehin abnorme Spätherbst beschenkte uns noch am 13. December Nachmittags mit der, in unserer Gegend seltenen Erscheinung eines December-Gewitters, welches noch dadurch ausgezeichnet war, daß die elektrische Entladung in einer Form stattfand, wie sie von den Meteorologen nur äußerst selten beobachtet wurde.

Nach vorausgegangener mehrwöchentlicher Trockenheit

der Atmosphäre mit fast Windstille und sehr geringem Luftzuge von SO trat am 10. December Nebel und darauf ein ziemlich heftiger WNW-Wind auf, welcher bis am 12. Abends dauerte, die Nacht über nachliefs, Sonntag den 13. Früh 8 Uhr als Sturm auftrat und bis Nachmittag forttohte. Die Temperatur erschien verhältnissmässig milde, das Thermometer zeigte am 13. 6 Uhr früh $+4,85$. Die Oscillation des Luftdruckes jedoch war von ungewöhnlicher Grösse, denn nach Hrn. Prof. Reifsenberger's Beobachtung sank das Barometer in der Zeit von 10 Uhr Abends des 12. bis 6 Uhr Morgens des 13. um $3'',78$ und bis 2 Uhr Nachmittags um $4'',07$ seines am 12. innegehabten Standes herab, zu welchem es sich bis 10 Uhr des 13. fast vollkommen wieder erhoben hatte. Nach 3 Uhr liefs der Sturm nach; es erfolgte ein feiner Sprühregen, dann um 4 Uhr plötzlich die Drehung der Windfahne nach NW. und es trat in den untern Schichten der Atmosphäre ein ziemlich starker Sturm mit trockenem Schnee und Graupel-Gestöber auf.

Der Berichterstatter sah von seiner am kleinen Platze gelegenen Wohnung, von wo die Uebersicht des Himmels von S. bis NW. gestattet war, diesem merkwürdigen Getriebe der durch einander wirbelnden, in nicht sehr grosser Menge gebildeten Schneeflocken einige Zeit zu und richtete hierauf seinen Blick nach den höhern vollkommen schneefreien Schichten der Atmosphäre. Diese erschienen als ein gewöhnlicher grauer gleichförmig bedeckter Himmel, ohne dass man daran irgend einen dunkleren, auf das Vorhandenseyn einer Gewitterwolke hindeutenden Theil hätte unterscheiden können.

In demselben Augenblicke, als sein Blick gerade dahin gerichtet war, trat an einem Punkte in der grauen Wolkenschichte im Zenithe des davon in 12 Klafter scheinbarer Entfernung befindlichen metallenen Thurmknopfes der evangelischen Hauptkirche eine momentane kleinbegränzte Lichtaufwallung ein und daraus fuhr ein mächtiger Blitzstrahl raketenartig vollkommen vertical auf den Thurmknopf

los. Wie mit einer feurigen Flüssigkeit denselben über-
 gießend und sich unterhalb wieder in einen Feuerstrom
 sammelnd, glitt er an der östlichen Seite der Thurmdach-
 pyramide in gerader Richtung etwa 10 Kl. bis an das Dach-
 fenster der Thürmerwohnung herab, wo er die untere
 schneebedadene Luftschicht traf und unter Detonation und
 einer schönen Lichterscheinung mit nach allen Seiten auf-
 flammendem, röthlich-weißgelbem Lichte, deren Basis aber
 schon durch vorbeiströmende Schneegestöbermassen ver-
 deckt wurde, dem Blicke des Beobachters entschwand.
 Dem Letztern, der sich etwa 150 Schritte weit entfernt
 und gerade gegenüber von dem Orte der Erscheinung be-
 fand, kam die Detonation als ein dumpfer verhältnismä-
 ßig nicht sehr bedeutender Schlag vor; ein Berichterstatter
 der hier erscheinenden Zeitung vergleicht sie in seinem
 Berichte mit einem Pistolenschusse, aber entferntere Beob-
 achter haben einen heftigen Donnerschlag und dumpfes
 Rollen gehört.

Dieser mächtige Blitzstrahl erschien dem Auge als ein
 etwa 3 Zoll breites, geradliniges genau begränztes Feuer-
 band von heller Chamoisfarbe; sein Glanz war bedeutend
 schwächer, als der der gewöhnlichen zickzackförmigen
 Blitze. Die Bewegung desselben war eine für Blitzstrahlen
 verhältnißmäßig sehr langsame, da das Auge, sowohl in
 der Luft als am Thurmdache, seinem Laufe bequem fol-
 gen und sowohl oberhalb, als unterhalb des Thurmknopfes,
 die von demselben noch nicht berührte Hälfte seines We-
 ges genau wahrnehmen konnte. Die Zeitdauer der Er-
 scheinung war also jedenfalls die von mehr als einer Se-
 cunde und dürfte 4 bis 5 Secunden betragen haben.

Arago in seiner Monographie des Blitzes unterscheidet
 vier Klassen desselben: den zickzackförmigen, den oberflächli-
 chen, den kugelförmigen und den raketenförmigen. Bei
 Besprechung der letztern Klasse, zu welcher der beobach-
 tete Blitzstrahl gehörte, erwähnt er einer Beobachtung von
 Schöubler über einen Blitz dieser Form, wo der berühmte
 Meteorologe sagt: »Dieser Feuerstrom war so dick wie

ein Arm und endigte sich in eine größere und glänzendere Kugel«; auch Kaemtz habe diese Erscheinung mehrmals beobachtet; Muncke hingegen berichtet, daß ein niederfahrender Blitz, der ungefähr 60 Meter lang zu seyn schien, vor seinen Augen sich in viele kleine Kugeln theilte. Weder eine derartige Theilung, noch eine kugelförmige Endigung war an dem beobachteten Blitzstrahl zu bemerken.

Der vom Blitze getroffene Thurm hat eine achtseitige Dachpyramide und an jeder Ecke ein ebenso bedachtes Thürmchen. Aus dem auf der südlichen Seite gelegenen Fenster des südöstlichen Thürmchens laufen die Drähte der Telegraphen-Leitung von der Thürmerwohnung zur Feuerwache im Rathhause, wo der negative Draht an einer freien Wand des Hofes in eine brunnenartige Vertiefung geführt ist. An diesem an der Wand befindlichen Stücke des Drahtes sah nun, nach der Mittheilung des Hrn. Professor Reissenberger, ein Rathhausdiener zur Zeit des Blitzschlages einen Feuerstrom hinabfahren. Die vom Hrn. Professor untersuchte Drahtleitung zeigte richtig den negativen Draht am oberen Ende abgeschmolzen, und zwar an der Stelle, wo derselbe in einer scharfen Biegung an der Wand des Thürmchens zum Fenster desselben hinausführt. In der Umgebung dieses Punktes und oberhalb des Fensterrahmens waren versengte Stellen zu bemerken. Außerdem war sowohl am Thurme, als im Rathhause, der die beiden Spulen des Zeichengebers am Smee'schen Apparate verbindende Kupferdraht abgeschmolzen. Diese Umstände deuten darauf hin, daß der Blitzstrahl sich entweder ganz, oder, wie Hr. Professor Reissenberger meint, theilweise durch die Telegraphenleitung in die Erde entlud. Das erstere wäre durch die Nähe des Telegraphendrahtes und die Verbindung des feuchten Thurmdaches mit dem des Thürmchens erklärlich; die zweite Ansicht hat ihre Berechtigung darin, daß man bei dem scheinbar gänzlichen Mangel an eigentlichen Gewitterwolken in den obern Schichten der Atmosphäre, das Bedingende der Erscheinung in der untern Schneesturmwolke suchen muß, welche gerade nur bis an

den Ort des Thurmdaches, wo die Lichterscheinung auftrat, etwa 140' hoch reichte, und somit eine Entladung in die jedenfalls entgegengesetzt elektrisch polarisirte Wolke möglich und wahrscheinlich war. Die Lichterscheinung fände ihre Erklärung in dem Leitungswiderstande, welchen der Blitzstrahl an den durch den untern Luftstrom ihrer Feuchtigkeit beraubten glasirten Dachziegeln, oder an den trocknern Luftschichten desselben erfuhr.

Dem Umstande, daß durch den früher stattgefundenen Sprühregen die Pyramide des mit keinem Blitzableiter versehenen Thurmdaches, vollkommen feucht war, ist dießmal die Rettung desselben von der Zerstörung zu danken und so, mit Rücksicht auf den Sturm, ein möglicherweise schauderhaftes Brandunglück verhütet worden.

Der Sturm liefs bald nach der elektrischen Entladung nach, es erfolgte fast Windstille ohne Schneefall bis 7 Uhr, wo derselbe wieder mit Schneegestöber eintrat, jedoch bald etwas und nach 11 Uhr Nachts bedeutend schwächer wurde, hierauf so die ganze Nacht fort dauerte bis er den 14. um 11 Uhr Früh mit Schneegestöber gänzlich aufhörte.

Man könnte leicht den WNW. Sturm, welcher am 13. Mittags am stärksten wehte, der ja auch in Hamburg, Wien, Pest, Szegedin und zwar in gröfserer Stärke wie hier aufgetreten, durch die so abnorme Gröfse der Oscillation des Luftdruckes verführt, für einen jener gefährlichen Wirbelstürme halten, welche aus dem Zusammentreffen der Nord- und Südpassatströmung entstehen, wenn die Verhältnisse der Windesrichtungen nicht dagegen sprächen. Diese deuten vielmehr auf ein gewöhnliches Verdrängen des Südstromes durch den Nordstrom hin. Der Letztere erreichte am 13. um 4 Uhr Nachmittags die Stadt und gab durch seine Trockenheit und niedrige Temperatur Veranlassung zum Entstehen der Schneesturmwolke in der durch den früher erfolgten Sprühregen noch ziemlich feuchten Atmosphäre und somit auch zu der des Gewitters.

Was den oben beschriebenen Blitzstrahl merkwürdig und interessant erscheinen läfst, ist die langsame Bewegung

desselben. Die Bedingungen dieser langsamen Bewegung des elektrischen Stromes in der Atmosphäre müssen eben sehr selten gegeben seyn, weil unter den vielen Beobachtern, die tausende der gewöhnlichen Blitze gesehen, es wenige giebt, die einen von dieser Form beobachtet haben.

In den meteorologischen Schriften, die dem Berichterstatteur freilich nur in sehr spärlicher Anzahl zu Gebote standen, sind zwar Untersuchungen über die Bedingungen mancher Formen des Blitzstrahls enthalten, aber über die des so langsam sich bewegenden, kugel- und raketenförmigen findet sich nichts aufgezeichnet. Kämtz (Lehrbuch der Meteorologie S. 427) sagt nur: »Dafs dieselbe scheinbare Regellosigkeit und Mannigfaltigkeit, welche uns die Funken der Elektrisir-Maschine zeigen, auch an den Blitzen, wo der Weg des Funkens viel gröfser ist, zu sehen sey«.

Das mag nun freilich wahr seyn, dennoch aber wäre es nicht uninteressant, die Verhältnisse der Bedingungen des atmosphärischen Zustandes für die Erzeugung solcher Art Blitze näher zu untersuchen.

Wir wollen bei unserem Falle es wagen, auf die Gefahr zu irren, diefs zu thun.

Es ist natürlich, dafs wir uns zuerst um die Bedingungen der Verlangsamung eines elektrischen Funkens, wie sie durch die Beobachtungen an den Funken der Leydener Flasche oder dem Conductor der Elektrirmaschine gemacht worden, umsehen müssen und da finden wir, dafs die Vergröfserung der Schlagweite und Oberfläche der Batterie, so wie der Leitungswiderstand, so weit bis jetzt bekannt, den wesentlichsten Einflufs auf die Verlangsamung der Dauer eines elektrischen Funkens üben.

Ohne nun näher einzugehen in die hierauf bezüglichen bekannten Versuche von W. Weber, Riefs, Masson und Feddersen, dessen Beobachtungen mit denen der Anderen nicht vollkommen übereinzustimmen scheinen, sollen uns in unserem Falle die daraus gefolgerten bekannten Gesetze als Anhaltspunkte dienen, die Buff im Artikel »Elektrisches Licht« (Handwörterbuch der Chemie von

Liebig und Poggendorff S. 851) in folgenden Worten wiedergibt:

1. Wenn der elektrische Strom vor der Entladung unvollkommene Leiter durchdringen muß, so wird die Dauer der Lichterscheinung, wenn auch immer noch so außerordentlich kurz, doch bemerkbar verlängert.

2. Gleichbleibende Bewegungshindernisse vorausgesetzt, vermindert sich die Zeit der Entladung und wahrscheinlich auch die Dauer des Funkens bei zunehmender Dichtigkeit der angehäuften Elektrizität, wogegen der Glanz wächst.

Wir haben gesehen, daß beim Beginne dieses Blitzstrahles der Himmel mit einer grauen nicht dichten, kontinuierlichen Wolkenmasse bedeckt war. Wir müssen also voraussetzen, daß hier die Bedingungen einer eigentlichen Gewitterwolke, d. h. große Dichte der Nebelmassen, somit starker Wasserniederschlag und erhöhte elektrische Leitungsfähigkeit, nicht gegeben, sondern wahrscheinlich wenig dichte und minder gut leitende Nebelmassen vorhanden waren.

Man könnte daher vielleicht annehmen, daß die Elektrizität durch die plötzlich auftretende vertheilende Kraft der untern Schneesturmwolke gezwungen war, aus dem Innern der ausgedehnten Wolkenmasse, durch nicht dichte, daher nicht sehr feuchte und so einen verhältnismäßigen Leitungswiderstand bietende Schichten an die Oberfläche bis zum Punkte, wo der Blitz entstand, zu gelangen, durch die Ueberwindung dieses längeren Leitungswiderstandes eine geringere Bewegungsenergie mitbrachte und dadurch eine im Verhältnisse zu gewöhnlichen Blitzen so auffallende Verlangsamung der Bewegung dieses Blitzstrahles bedingte.

Auch dürfte die langsame Bewegung und der schwache Glanz des beobachteten Blitzes vielleicht darauf hindeuten, daß trotz der so prachtvoll erscheinenden, bedeutenden Breite des Feuerstrahles die Dichte des elektrischen Stromes hier eine verhältnismäßig geringere, als bei zikzakförmigen Blitzen gewesen.

Demgemäß könnte daher ein solcher Blitzstrahl aus gewöhnlichen, eigentlichen Gewitterwolken, wenn der elek-

trische Ausgleich unmittelbar von ihrer Oberfläche aus geschieht, niemals hervortreten, weil bei diesen durch den stärkern Wasserniederschlag eine erhöhte Leitungsfähigkeit und daher eine raschere Bewegung der Elektrizität zur Oberfläche bedingt ist, somit dieselbe eine größere Bewegungsenergie und Dichte vor dem Ausgleich besitzt und dieser daher in der gewöhnlichen so äußerst kurzen Zeit von weniger als ein Tausendstel-Sekunde stattfindet.

In wie weit nun diese Ansicht irgend welche Berechtigung hat oder nicht, kann der Berichterstatter an den bis jetzt erschienenen Mittheilungen über langsam sich bewegende Blitzstrahlen leider nicht prüfen, da ihm die Literatur darüber nicht zu Gebote steht.

Man könnte etwa einwenden, daß die beobachtete, obere gleichförmige Wolkenschicht nur der äußerste lockere Rand einer Gewitterwolke gewesen, deren dichter Kern sich weit oben befand, oder, daß hoch in den obern Schichten der Atmosphäre eine Gewitterwolke war, die auf eine unter ihr befindliche, durch isolirende Luftschichten, getrennte, lockere, ausgedehnte Nebelmasse vertheilend gewirkt und so eine Entladung aus der letzteren in den Thurmknoß veranlaßt habe.

Die Fälle fanden bei dem beschriebenen Blitzstrahl wahrscheinlich nicht statt, was daraus ersichtlich, daß ein einer eigentlichen Gewitterwolke entsprechender dichter Kern, wenn er auch weit ober dem Ausgangspunkte des Blitzes sich befand, doch in der gleichförmig grauen, durchaus nicht dunklen Wolkenschicht durch eine dunklere Schattirung sich kenntlich machen mußte, was jedoch nicht der Fall war.

Auch würde aus einer eigentlichen Gewitterwolke nach der elektrischen Entladung wie es gewöhnlich geschieht, wahrscheinlich Regen erfolgt seyn, was jedoch nicht stattfand, sondern an der grauen Wolkenmasse war nach der elektrischen Entladung keine auffallende Veränderung bemerkbar, wogegen die Bildung der unteren Schneesturmwolke noch einige Zeit fort dauerte.

Die Annahme, daß die elektrische Vertheilung, welche das Gewitter hervorrief, von der untern Schneesturmwolke ausging, findet ihre Berechtigung in folgenden Umständen.

Wahrscheinlich waren die untern Schichten der Atmosphäre, nach dem, bei niederm Barometerstande kurz vorher erfolgtem Regen negativ elektrisch, wie dies in solchen Fällen nach Quetelet's Institut 1851, S. 245 in Brüssel fast stets stattfand.

Da nun die Schnee- und Graupelmassen nach Schüller's, Grofse's und Dellmann's Beobachtungen gewöhnlich auch negativ elektrisch sind, so dürften in unserm Falle die gebildeten Graupelmassen durch die von einem Sturmwinde von der Stärkenummer 7 veranlafste Reibung derselben an den Gegenständen der Erdoberfläche, die negative Spannung noch bedeutend vermehrt haben, welche dann beim Durchpassiren der Schneesturmwolke durch die Häusermasse der Stadt ihre höchste Intensität erreicht haben dürfte, und somit in den untern Luftschichten eine bedeutend elektrisch vertheilende Kraft entwickelt wurde. Die wahrscheinlich negative Elektrizität des Randes der obern Wolkenschicht mußte weit zurückgedrängt und der grofsen Influenz entsprechend aus der ausgedehnten, lockern Wolkenschicht von grofser Entfernung her die positive Elektrizität dem Punkte zuströmen, welcher dem Thurmknopfe als dem Sammelpunkte dieser Influenzwirkung, am nächsten war.

Bei gehöriger Spannung waren somit die Bedingungen zu elektrischer Entladung gegeben, deren ungewöhnliche Form eben die geringe Dichtigkeit der Nebelmassen in der obern ausgedehnten Wolkenschicht bedingte.

Man kann mit grofser Wahrscheinlichkeit behaupten, daß nach den gegebenen Verhältnissen in der Atmosphäre, ohne das Auftreten der Schneesturmwolke, gewifs keine elektrische Entladung erfolgt seyn würde.

Zur Beurtheilung der meteorologischen Verhältnisse der Atmosphäre in den Zeiten vor und nach dem Gewitter mögen hier noch die mir von meinem Freunde Hrn. Prof.

Reißberger's gültigst mitgetheilten Beobachtungen einen Platz finden. Es war nämlich:

1. Der *Luftdruck* auf 0° reducirt in Par. Linien:

December	6 ^h	2 ^h	10 ^h	Mittel
12	319,18'''	318,55'''	319,17'''	318,97'''
13	315,43	314,80	318,87	316,37
Monatsmittel	322,27	322,10	322,29	322,22

2. Die *Luftwärme* in Graden Réaumur:

December	6 ^h	2 ^h	10 ^h	Mittel
12	2,40°	3,60°	0,80°	2,27°
13	4,85	4,10	—0,80	2,72
Monatsmittel	—4,33	—0,41	—3,49	—2,74

3. Die *relative Feuchtigkeit* in Procenten.

December	6 ^h	2 ^h	10 ^h	Mittel
11	0,97	0,85	0,77	0,86
12	0,67	0,69	0,88	0,75
13	0,68	0,63	0,89	0,73
14	0,79	0,93	0,94	0,89
Monatsmittel	0,91	0,80	0,90	0,87

Die langsam sich bewegenden Blitzstrahlen haben auch in sofern ein theoretisches Interesse, als man sich hier den Fortgang des elektrischen Stromes nur in einer nach Faraday sogenannten fortführenden Entladung denken, oder durch die mechanische Theorie, wie sie Dr. Subic in seinen Grundzügen der mechanischen Elektricität entwickelt hat, erklären könnte, da hier von einem Entgegenkommen eines Funkens von dem entgegengesetzt elektrisirten Ausgangspunkte keine Rede seyn kann.

Die Erscheinung der so manches Ungewöhnliche bieten den, langsam sich bewegenden Blitzstrahlen, besonders die der kugelförmigen, dürfte wohl mit Recht den Meteorologen zur eingehenden Prüfung der Bedingnisse unter welchen sie stattfanden, empfohlen werden, wenn diese Prüfung nicht eben schon längst vielleicht in genügender Weise durch Du Moncel (*Compt. rend. XXVIII*, 408 u. *XXXVII*, 995) und Poey (*Compt. rend. XLII*, 83) oder in anderen uns unzugänglich gewesenen Schriften erörtert worden ist.

Leider sind uns über jene Abhandlungen, die kugelförmigen Blitze, nur die Literaturquellen aus dem Jahresbericht über Physik und Chemie von J. Liebig und H. Kopp bekannt geworden.

**XX. Ueber die Erscheinung der negativen Luft-Elektricität bei heiterem Himmel;
von F. Dellmann.**

Im Interesse der Lösung eines wissenschaftlichen Problems wende ich mich durch folgende Mittheilung mit angeschlossener Bitte an die Hrn. Physiker und Meteorologen.

Hr. Prof. Meissner in Göttingen hat bekanntlich in seinem vortrefflichen Werke: »Untersuchungen über den Sauerstoff«, eine neue Theorie der Luft-Elektricität gegeben. Er ist, um es hier kurz zu sagen, der Ansicht, daß die $+E.$ der Atmosphäre bei heiterem Himmel durch Wolken- oder Gewitter-Elektricität entstehe. Wie in seinen sehr sorgfältig ausgeführten experimentellen Untersuchungen durch den Inductionsstrom der neutrale Sauerstoff in Ozon und Antozon polarisirt werde, so geschehe es in der Atmosphäre durch die Wolken-Elektricität. Das Ozon werde wegen seiner großen Verwandtschaft zu vielen oxydirbaren Körpern der Luft bald entzogen und es bleibe das Antozon mit $+E.$ zurück, trete diese $+E.$ aber an die Wassermoleküle der Atmosphäre ab. Dabei äußert er die Vermuthung, daß es wohl schwer halten werde, die $-E.$ des Ozons durch Spannungserscheinungen nachzuweisen.

Ferner hat Hr. Prof. Palmieri in Neapel seit Jahren auf dem Vesuv-Observatorium in einer Höhe von 637^m über dem Meere und auf dem der Universität der Stadt meteorologische Beobachtungen, und auch solche über at-

mosphärische Elektricität gemacht. Er hat in der Zeitschrift: *Rendiconti dell' accademia delle scienze fisiche e matematiche di Napoli*, Jahr 1863, S. 197 und 198 eine Mittheilung gegeben über den in der Ueberschrift genannten Gegenstand. Wahrscheinlich erklärt er den in der kleinen Abhandlung mitgetheilten Fall ganz richtig; und es lassen sich wohl auch die Erscheinungen, welche ich in diesen Annalen Bd. CXII, S. 631 ff. beschrieben habe, in derselben Weise erklären. In den letzten Wochen habe ich bei dem unvergleichlich heiteren April-Wetter mehrfach dieselbe Erscheinung beobachtet unter Umständen, welche diese Erklärungsweise nicht zulassen. Diese Umstände sprechen vielmehr dafür, daß es Luftwellen waren mit überwiegendem Ozon, weil nämlich jedes Mal die Erscheinung in ein paar Minuten vorüber ging. Die Erscheinungen stellten sich jedes Mal ein am Tage nach einer Barometer-Depression mit mehr oder weniger bewölktem Himmel, auch bei stärkerm NO als gewöhnlich. Die Barometer-Depression und der bewölkte Himmel ließen mich ein Gewitter erwarten, welches aber nicht erfolgte. Sollte aber doch in der Entfernung, was ich sehr vermute, ein Gewitter vorgekommen seyn, so bekäme dadurch der Schluß, besonders wenn die Richtung von Kreuznach aus damit stimmte, eine fast an Gewißheit gränzende Wahrscheinlichkeit, und die Erscheinungen wären dann eine schöne Bestätigung der Theorie des Hrn. Prof. Meißner.

Es werden deahalb Physiker und Meteorologen freundlichst gebeten, mir sichere Nachrichten über Gewitter, welche in der zweiten Hälfte dieses Monats vorgekommen sind, recht bald gütigst mitzutheilen.

Kreuznach, Ende Aprils 1865.